জীবন্ত কোষ

পরিচিতি ও কার্যকারিতা

ইঞ্জিনিয়ার আজিজুল বারী

বিসমিল্লাহির রাহমানির রাহীম

জীবন্ত কোষ
পরিচিতি ও কার্যকারিতা

ইঞ্জিনিয়ার আজিজুল বারী

Special Internet Edition

খানক্বায়ে আমীনিয়া-আসগরিয়া

উৎসর্গ

ইউনিভার্সিটি কলেজ লন্ডনে (UCL) গণিত ও পদার্থবিজ্ঞানের উপর মাস্টার্সে
অধ্যয়নরত
আমার আদুরে সন্তান

মুহাম্মদ কাওসার রাসূল বারী এমরাজ এর প্রতি

বিষয়সূচী

ভূমিকা

কোষ হলো প্রাণীদেহের মৌলিক অংশ। এগুলোই বিভিন্ন প্রজাতির জীবন্ত ক্ষুদ্রতম কাঠামো যাদের মধ্যে প্রাণ আছে- অর্থাৎ এরা জানে কিভাবে পরিপাক করা, বর্জ্য নির্গতকরণ ও নতুন প্রজনন সৃষ্টি করতে হয়। আমাদের নিজেদের দেহসহ জগতের সকল প্রাণীদের দেহ মূলত এই কোষের সমন্বয়ে গঠিত। কোষ সম্পর্কে জ্ঞানার্জন ছাড়া আমরা প্রাণীদেহ কী জিনিস তা সঠিকভাবে জানতে পারবো না। এই গ্রন্থে খুব সহজ ভাষায় কোষের উপর বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরা হয়েছে। প্রাণীবিদ্যা বিষয়ের উপর অধ্যয়নরত স্নাতক পর্যায়ের ছাত্র-ছাত্রীরা এ থেকে উপকার পাবেন এটাই আশা।

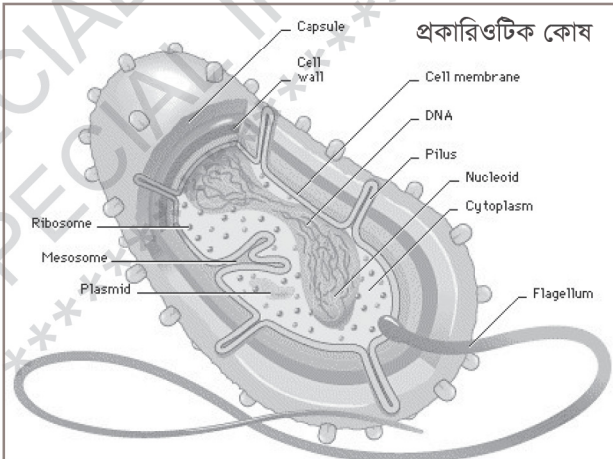
কোষ তথা বায়োলজির উপর পাঠকদের প্রাথমিক জ্ঞান আছে বলে ধরা হয়েছে। তবে যেটুকু সম্ভব প্রতিটি বৈজ্ঞানিক শব্দাবলীর ব্যাখ্যা গ্রন্থে সন্নিবেশিত করেছি যাতে বিষয়ের উপর কম জ্ঞানসম্পন্ন শিক্ষার্থীরাও এটা পাঠে উপকৃত হতে পারেন।

যে কোন রচনায় স্বভাবতই ভুল-ত্রুটি যাতে না থাকে, সে চেষ্টা করা হয়। অত্র গ্রন্থ রচনার ক্ষেত্রেও এর ব্যতিক্রম হয় নি। কিন্তু আমরা তো মানুষ! সম্পূর্ণ নির্ভুল কোন রচনা আমাদের পক্ষে আদৌ সম্ভব নয়। সুতরাং যদি কারো চোখে ভুল-ত্রুটি ধরা পড়ে যায় তাহলে জানিয়ে বাধিত করবেন- এটাই অনুরোধ। পরবর্তী সংস্করণে প্রমাণিত ভুলের সংশোধন করা হবে অবশ্যই। সবশেষে বইটির প্রকাশক ও এ সঙ্গে জড়িত সকলকে ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি। সবার আন্তরিক প্রচেষ্টা ছাড়া এই গ্রন্থটি পাঠকদের হাতে আদৌ তুলে দেওয়া সম্ভব হতো না।

ইঞ্জিনিয়ার আজিজুল বারী
আলী সেন্টার, সুবিদ বাজার, সিলেট।
২৩ জুন ২০০৯ ঈসায়ী।

প্রথম পরিচ্ছেদ

ইউনিট ১.১. কোষ পরিচিতি

আমরা ভূমিকায় বলেছি কোষ মূলত সকল প্রাণীদেহের বিল্ডিং ব্লক্‌স। একটিমাত্র কোষ জীবন্ত একটি প্রাণী হিসাবে সকল ক্রিয়া সম্পাদন করে বেঁচে থাকতে সক্ষম। এরূপ প্রাণীকে বলে 'ইউনিসেলুলার জীবী' অর্থাৎ একক কোষবিশিষ্ট প্রাণী। ক্ষুদ্রকায় জীবাণু (bacteria) এবং প্রটোজোয়া (protozoa- আরেক ধরনের জীবাণু) এই শ্রেণীভুক্ত জীবী। পৃথিবীর যাবতীয় বৃক্ষ, জীব-জন্তু ও ছত্রাক (ফাংগাস) মূলত 'মাল্টিসেলুলার প্রাণী' অর্থাৎ এদের দেহ বহু কোষের সমন্বয়ে সৃষ্ট। মানবদেহের কোটি কোটি কোষের একটি হোক কিংবা একটি ক্ষুদ্র জীবাণুর দেহকাঠামোই হোক- কোষের কাঠামো, ক্রিয়া-কলাপ, বৈশিষ্ট্যাবলী ও বিভিন্ন কার্যাদির মধ্যে কর্মক্ষমতা সত্যিই অপূর্ব ও চিত্তাকর্ষক। এ থেকে প্রাণীদের দেহ কী সুন্দরভাবে সৃষ্ট তা অনুধাবন করা যায়। প্রতিটি কোষের ভেতর প্রত্যেক মিনিটের মধ্যে হাজার হাজার বায়োকেমিক্যাল (biochemical) ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া ঘটে এবং নতুন কোষ সৃষ্টি হয় যার ফলে দেহকাঠামো জীবন্ত থাকতে পারে।

কোষ অবশ্য বিভিন্ন আয়তনের হয়ে থাকে। মাইকোপ্লাজমা নামক এ পর্যন্ত জানা সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রতম কোষের ব্যাস মাত্র ০.০০০১ মিমি। আমরা যদি ১০ হাজার মাইকোপ্লাজমা একত্রিত করি তাহলে এর ব্যাস মানুষের একটিমাত্র চুল পরিমাণ হবে। অপরদিকে সর্বাপেক্ষা বড়ো কোষ পাওয়া যায় জিরাফের দীর্ঘ গ্রীবাদেশে। এসব স্নায়ুকোষ (nerve cell) দৈর্ঘ্যে ৩ মিটারেরও অধিক হতে পারে। আমাদের দেহের মধ্যস্থ কোষও বিভিন্ন আয়তনবিশিষ্ট। ক্ষুদ্র লাল রক্তকোষের ব্যাস মাত্র ০.০০০৭৬ মিমি আর যকৃতের কোষের ব্যাস এ থেকে অন্তত দশগুণ পর্যন্ত হতে পারে। তবে মানবদেহের কোষের গড় আয়তন অল্পই বলা যায়। ১০ হাজার বিভিন্ন আয়তনের কোষ একত্রিত করে একটি সূঁচের মাথায় রাখা সম্ভব।

আয়তনের এই তারতম্য ছাড়াও কোষের আরেক বৈশিষ্ট্য হলো বিভিন্ন ধরনের আকার। এস্‌সেরেচিয়া কলি (escherícha coli - e. coli) নামক কোষ দেখতে অনেকটা রডের মতো লাগে। অপরদিকে প্রটোজোন (protozoan) জাতীয় প্যারামিসিয়াম (paramecium) এর কোষের আকার অনেকটা চপ্পলের মতো। এছাড়া প্রটোজোন জাতীয় অপর আরেক জীবাণু যাকে আমরা (amoeba) বলি, তার কোষের কোন বিশেষ আকার নেই। এটি চলার সময় আকার রদবদল করে। বৃক্ষের কোষের আকার সাধারণত বাক্সের মতো হয়ে থাকে। মানবদেহের কোষের আকারও বিভিন্ন ধরনের। আমাদের চামড়ার বাইরের কোষের আকার অনেকটা চেপ্টা। অপরদিকে দেহের পেশী মূলত পাতলা দীর্ঘকায় কোষের তৈরী। স্নায়ুকোষের মধ্যে কোন কোনটা দেখতে অক্টোপাসের মতো লাগে।

বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীতে কোষের কাজের উপর নির্ভর করে তার আকার। আমরা বলতে পারি, এসব কোষ টেইলার-মেইড। দৃষ্টান্তস্বরূপ আমাদের চামড়ার কোষের কথা বলা যায়। এগুলো এভাবে চেপ্টা হওয়ায় খুব শক্তভাবে জড়োত আছে যাতে বাইরের কোন ক্ষতিকর জীবাণু দ্বারা সহজে নিম্নস্থ টিস্যু আক্রমণের শিকার না হয়। আরেক দৃষ্টান্ত হলো, দেহের পেশীস্থ দীর্ঘ পাতলা কোষ। এগুলো যেহেতু হাড্ডির সাথে জড়িত তাই হাড্ডির নড়াচড়া নিশ্চিত করতে কোষগুলো প্রয়োজনে লম্বা-বেটে হয়। প্রতিটি কোষ কিন্তু একাধিক ক্ষুদ্রাংশের সমন্বয়ে গঠিত। আর অনেক কোষ মিলে প্রাণীদেহের বিভিন্ন মৌলিক তন্ত্র (organs)

তৈরী হয়েছে। আমরা এই পরিচ্ছেদে কোষের সকল ক্ষুদ্রাংশের উপর বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরবো। তবে প্রথমে কোষের কার্যাদির (functions) স্বরূপ জানা দরকার।

ইউনিট ১.২. কোষের কার্যাদির স্বরূপ

একটি কোষের চতুর্দিকে আছে প্লাজমা মেমব্রেন (plasma membrane)। এই মেমব্রেনটি মূলত একটি বিশেষ প্রতিবন্ধক হিসাবে কাজ করে। তবে এটা সবকিছু ভেতরে আটকে রাখে না কিংবা বাইর থেকে আগত সকল বস্তুকে প্রবেশ করতে বাঁধা দেয় না। কোন্‌টি আটকাবে ও কোন্‌টি ভেতর থেকে নির্গত হতে দেবে এ ব্যাপারে এই প্রতিবন্ধক দেওয়াল পুরো ওয়াকিফহাল। কোষ বেঁচে থাকার জন্য জরুরী কিছু বিশেষ খাদ্যদ্রব্য (যেমন- nutriens) ভেতরে প্রবেশ করতে এই মেমব্রেন বাঁধা দেয় না এবং কোষের জন্য ক্ষতিকর কিছু বর্জ্য যাতে ভেতর থেকে বেরিয়ে আসতে পারে সে ব্যাপারেও এটা সতর্ক থাকে। কোষের অভ্যন্তরে অনেকগুলো আলাদা কক্ষ আছে যাদেরকে বলা হয় 'অরগানেলস্' (organelles)। প্রতিটি অরগানেলকে ঘিরে রাখে আলাদা একেকটি মেমব্রেন দেওয়াল। আর এরূপ একটি বিশেষ অরগানেলই হলো কোষের কেন্দ্র বা নিউক্লিয়াস (nucleus)। নিউক্লিয়াস হলো কোষের সেন্ট্রাল প্রসেসিং ইউনিট বা কেন্দ্রীয় নিয়ন্ত্রক। এতে আছে জেনেটিক তথ্যাবলী (genetic informations) যা কোষের বেড়েওঠা ও নতুন কোষ সৃষ্টির জন্য জরুরী। প্রতিটি কোষে একটি মাত্র নিউক্লিয়াস থাকে। কেন্দ্রীয় তন্ত্র ছাড়াও অপর আরেক অরগানেল হলো মাইটোকোন্ড্রিয়া (mitochondria - একবচনে mitochondrion)। এটির অনেক কপি কোষের সাইটোপ্লাজমে (cytoplasm) অবস্থান করে। মাইটোকোড্রিয়ার কাজ হলো এনার্জি আদান-প্রদান করা যা কোষ বেঁচে থাকার জন্য একান্ত জরুরী। লাইসোসাম্‌স (lysosomes) নামক আরেক অরগানেল আছে। এটাও কোষের সাইটোপ্লাজমে অবস্থান করে। এই অরগানেলের কাজ হলো অকেজো বস্তু গ্রাস করে নেওয়া।

কোষের মধ্যে দু'টি অরগানেল একত্রে কিছু কাজ সারে। এগুলো হলো এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম (endoplasmic retuculum) এবং গল্গি

এপারেটাস (golgi apparatus)। এই দু'টো কোষের অভ্যন্তরীণ আয়োজনে কিছু গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। কিছু বিশেষ মলিকিউলকে এগুলো সংশ্লেষণ (synthesize) করার পর প্রসেস, সঠিকভাবে সাজানো এবং প্রতিটি মলিকিউলকে তাদের নির্দিষ্ট স্থানে পৌঁছানোর কাজ সারে। আমরা অবশ্য আলাদা একটি পরিচ্ছেদে বৃক্ষের কোষের উপর বিস্তারিত বর্ণনা তুলে ধরবো। এখানে কোষের কার্যাদির স্বরূপ আলোচনা করতে যেয়ে এটুকু উল্লেখ করা হচ্ছে যে, এ পর্যন্ত বর্ণিত সকল অরগানেল ছাড়াও বৃক্ষের কোষে আছে অতিরিক্ত একটি অরগানেল যার নাম হলো ক্লোরোপ্লাস্ট (chloroplast)। সালোকসংশ্লেষণ (photosynthesis) নামক ক্রিয়ার জন্য এটা দায়ী। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে সূর্যের আলো থেকে প্রাপ্ত এনার্জি ব্যবহার করে কার্বন ডাইওক্সাইডের মলিকিউল (CO_2) এবং পানির মলিকিউল (H_2O) কার্বহাইড্রেটে রূপান্তর হয়। সাইটোপ্লাজমে স্থাপিত এসব অরগানেলের মধ্যস্থ এলাকার নাম হলো সাইটোসল (cytosol)। কিছু ফাইবারসর্বস্ব মলিকিউল দ্বারা এটা গঠিত। সাইটোসলে প্রায় ১০ হাজার ভিন্ন মলিকিউল বিদ্যমান। কোষের বাইয়োসিনথেসিস (biosynthesis) নামক কাজে এসব মলিকিউল সক্রিয় আছে।

উপরে বর্ণিত কোষ হলো দু'টি সাধারণ জাতের কোষের একটি। এই কোষকে বলে ইউকারিওট (eukaryote)। অপর জাতের কোষের নাম প্রকারিওট (prokaryote)। দ্বিতীয়টির মধ্যে প্রধান পার্থক্য হলো প্রথমটির মতো এর কোন বিশেষ নিউক্লিয়াস বা কেন্দ্র নেই। এছাড়া অরগানেলের ক্ষেত্রে কিছু পার্থক্য বিদ্যমান। তবে বায়োকেমিক্যাল কার্যাদি সম্পাদনে উভয় কোষই প্রায় একইভাবে কাজ করে। অর্থাৎ এদের ধরন ভিন্ন হলেও ফাংশন প্রায় সমান।

ইউনিট ১.৩. কোষের স্ব-পুনর্জনন ক্রিয়া

একটি সত্যিকার জীবন্ত ইউনিট হিসাবে প্রতিটি কোষই নতুন প্রজন্ম নিজে নিজেই সৃষ্টি করে থাকে। কেমিক্যাল দিক থেকে বিবেচনা করলে আমরা বলতে পারি একটি কোষ মূলত কিছু বিশেষ মলিকিউলের তৈরী বস্তু যা মেমব্রেন দেওয়াল দ্বারা বেষ্টিত অবস্থায় থাকে। এছাড়া পুরো কোষ নিজে নিজেই চতুর্পাশ্বস্থ মলিকিউল

(molecule) ব্যবহার করে পুনর্জনন ক্রিয়া সম্পাদন করে থাকে। এই পুনর্জনন ক্রিয়াটি দু'টি বিশিষ্ট পদক্ষেপে সংঘটিত হয়। এগুলোকে বলে গ্রোথ (growth) বা বৃদ্ধি ও কোষ বিভক্তি (cell division)।

প্রথমতঃ বৃদ্ধির সময় কোষ তার চতুর্দিকের কিছু উপযুক্ত মলিকিউল নিজের প্লাজমা মেমব্রেন খুলে ভেতরে নিয়ে আসে। ভেতরে প্রবেশের পরই কিন্তু এসব মলিকিউলের উপর কিছু ক্রিয়া সংঘটিত হয়। এই রসায়নিক প্রতিক্রিয়া (chemical reaction) সম্ভব হয় বিশেষভাবে ডিজাইন করা কিছু অনুঘটক (catalyst) বস্তুর মাধ্যমে। এসব বস্তুর কাজ হলো কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়াতে গতি যোগান। অনুঘটক বস্তুর বৈশিষ্ট্য হলো রসায়নিক প্রতিক্রিয়ায় সাহায্য করলেও সে নিজে অপরিবর্তিত থাকে। এগুলো সাধারণত মলিকিউলের উপর নিজেদেরকে বিশেষ পদ্ধতিতে জড়িত রাখে, ফলে মলিকিউলের প্রতিক্রিয়া দ্রুত সংঘটিত হয়। যে কোন জীবন্ত কোষে অনুঘটক হলো বড়ো আকারের একেকটি ভাজ-করা মলিকিউল যাকে মেক্রোমলিকিউল (macromolecule) বলে। এটা হাজার হাজার বিশেষভাবে সাজানো অণু দ্বারা সৃষ্ট। বিশেষভাবে খোদাই করা এদের বহির্ভাগ এক বা ততোধিক ছোট্ট মলিকিউলকে জড়িয়ে ধরে- এতে ওসব মলিকিউলের অণুর মধ্যস্থ রসায়নিক বন্ধনে (chemical bond) পরিবর্তন আসে। এই পরিবর্তন সচরাচর নয়- একটি বিশেষ পদ্ধতিতে হয় যাতে করে সংশ্লিষ্ট রসায়নিক প্রতিক্রিয়া দ্রুত ঘটে। এভাবে এসব মেক্রোমলিকিউল বিশেষ প্রতিক্রিয়ার গতি মিলিয়ন বা দশ লক্ষ গুণ পর্যন্ত বৃদ্ধি করতে সক্ষম। চিত্তাকর্ষক ও জটিল এই উৎকৃষ্ট অনুঘটক মেক্রোমলিকিউল একমাত্র কোষের ভেতর পাওয়া যায়।

উপরে ব্যাখ্যাকৃত অনুঘটক মেক্রোমলিকিউল কতো উৎকৃষ্ট ও জটিল তা বুঝা যায় যখন গবেষকরা তেজস্ক্রিয় ট্রেসার (radioactive tracer) দ্বারা এদের কার্যকলাপ পর্যবেক্ষণ করেন। দেখা গেছে, এসব ক্যাটালিস্ট চেইন রিয়েকশন সৃষ্টি করে। অন্য কথায় একটি মেক্রোমলিকিউল দ্বারা শুরুকৃত অনুঘটন থেকে সৃষ্টি হয় আরেকটি অনুঘটক এবং এর ফলে এই ক্রিয়া অব্যাহত থাকে। এভাবে বাইর থেকে কোষ কর্তৃক নিয়ে আসা ছোট্ট ছোট্ট মলিকিউলগুলোতে মেক্রোমলিকিউল বার বার জটিল থেকে জটিল প্রতিক্রিয়া ঘটিয়ে জরুরী বস্তু সৃষ্টি

করতে থাকে। এই দ্বিতীয় প্রজন্মের মেক্রোমলিকিউল ঠিক প্রথমটির মতো একই ধরনের এবং যখন এভাবে মলিকিউলগুলো বেড়ে দ্বিগুণ হয়ে যাবে তখনই কোষের ভেতর প্রজনন সৃষ্টির দ্বিতীয় পদক্ষেপের সূচনা ঘটবে: বিভক্ত হয়ে দু'টি কন্যা কোষ সৃষ্টি হবে। এদের প্রতিটিই মূল জনক কোষের মতো সম্পূর্ণ অভিন্ন। সুতরাং এই দু'টি পদক্ষেপের মাধ্যমে কোষগুলো বার বার বিভক্ত হয়ে অনেক কন্যা কোষের জন্ম দিতে পারে। মাত্র একটি কোষ এভাবে বিভক্ত হয়ে কোটি কোটি কোষে পরিণত হতে সক্ষম।

ইউনিট ১.৪. বায়োলজিক অনুঘটকের (biologic catalyst) কাঠামো

প্রাণীদেহ মূলত কার্বন এটমের (carbon atom) উপর নির্ভরশীল। এই এটম বা অণু অপর আরো চারটি অণুর সঙ্গে মিলিত হয়ে বন্ড তৈরী করতে পারে। আর এ কারণেই এটি জটিল চেইন-এবং-রিং মলিকিউল সৃষ্টির জন্য খুব উপযুক্ত। সাধারণত এসব জটিল মলিকিউলে কার্বন এটম ছাড়াও হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন এটম থাকে। এগুলো ১০ থেকে ১০ লক্ষটি এটমের সমন্বয়ে গঠিত হতে পারে। আর কোষ মূলত এসব বড়ো বড়ো কার্বন কম্পাউন্ডের তৈরী বস্তু। অধিকাংশ তবে সবগুলো নয়, কোষের কার্বনযুক্ত মলিকিউল আরো বিভিন্ন ছোট্ট জৈবিক মলিকিউল দ্বারা সৃষ্ট। এগুলো হলো চিনি (sugers), আমিনো অম্ল (amino acid), নিউক্লিওটাইড (nucleotide) এবং মেদী অম্ল (fatty acids)। এসব পরিবারভুক্ত প্রত্যেকটিতে একেকটি মলিকিউল গ্রুপ আছে যা একে অন্যের সঙ্গে কাঠামোগত ও কার্যাদির দিক থেকে প্রায় একই ধরনের। অনেক গুরুত্বপূর্ণ কাজ এসব মলিকিউল সম্পাদন করে থাকে। এর মধ্যে একটি হলো এসব মলিকিউল কাজে লাগিয়ে গড়ে উঠে আরো বৃহৎ গ্রুপ: যেমন চিনিকে জড়িত করে তৈরী হতে পারে শ্বেতসার (starch) ও গ্লিসোজেন (glycogen)। আমিনো এসিড থেকে সৃষ্টি হতে পারে প্রোটিন (protein), নিউক্লিওটাইড দ্বারা ডিএনএ (deoxyribonucleic acid - DNA) এবং আরএনএ (ribonucleic acid - RNA) তৈরী হতে পারে। এছাড়া মেদী অম্ল থেকে তৈরী হতে পারে কোষের মেমব্রেনের ফসফলিপিড (phospholipid)। নিম্নের

তালিকায় স্তন্যপায়ী প্রাণীদের কোষের মধ্যে কি কি বস্তু আছে তার একটি শতকরা হিসাব তুলে ধরা হয়েছে।

পানি ৭০%
অজৈবিক আয়োন (inorganic ions) যেমনঃ সোডিয়াম, পটাসিয়াম, মেগনেসিয়াম, কেলসিয়াম, ক্লোরিন ইত্যাদি ১%
ক্ষুদ্র অন্যান্য বিপাকীয় বস্তু (metabolics) ৩%
প্রোটিন (proteins) ১৮%
আরএনএ (RNA) ১.১%
ডিএনএ (DNA) ০.২৫%
ফসফোলেপিড ও অন্যান্য লেপিড (phospholipids and lipids) ৫%
পলিসাকারাইড (polysaccharides) ২%

কোষের অধিকাংশ অনুঘটক (catalyst) মেক্রোমলিকিউল মূলত এনজাইম (enzyme)। এসব এনজাইম প্রোটিন জাতীয়। এতে ২০টি ভিন্ন আমিনো এসিড একটা আরেকটার প্রান্তদেশে বিশিষ্ট সিকুয়েন্সে বা পরম্পরায় যুক্ত থাকে। একটি গড় আয়তনের প্রোটিন মেক্রোমলিকিউলে ৪০০ পর্যন্ত আমিনো এসিড মলিকিউল বিশেষ পদ্ধতিতে জড়িত থাকে। এদের প্রতিটি আমিনো এসিডের প্রান্ত অণুর চেইনে ভিন্নতা থাকায় এতে বিদ্যমান থাকে আলাদা রসায়নিক গুণাবলী। প্রান্ত অণুর চেইন একে অন্যের সঙ্গে বিশেষ পদ্ধতিতে মিথস্ক্রিয়া করে, এতে প্রোটিন মলিকিউলটি বৃত্তের মতো আকার ধারণ করে। তবে এগুলো প্রায় অসংখ্য পদ্ধতি অবলম্বন করতে পারতো। কিন্তু অনুঘটক হিসাবে এদের অধিকাংশই অকেজো হতো। কেন এই বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন করে প্রোটিনগুলো আকার ধারণ করে তা এখনও সুস্পষ্ট নয়। তবে এভাবেই কোষের বৃদ্ধি নিশ্চিত হয়।

দ্বিতীয় ধরনের অনুঘটক মেক্রোমলিকিউলের নাম হলো RNA মলিকিউল। এতে আছে রৈখিক চেইনে জড়িত চারটি আলাদা নিউক্লিওটাইড। ঠিক প্রোটিনের মতো এই মলিকিউল ভাঁজ হয়ে একক বৈশিষ্ট্যপূর্ণ বহির্ভাগ (surface) সৃষ্টি করতে পারে। এতে RNA চেইন থেকে সৃষ্টি হয় একক গুণসম্পন্ন মেক্রোমলিকিউল।

তবে এগুলো অনুঘটক হিসাবে খুব অল্পই ব্যবহৃত হয়। কারণ এ থেকে উন্নতমানের প্রোটিন মলিকিউল অনুঘটক হিসাবে বেশী উপকারী।

ইউনিট ১.৫. জোড়া রসায়নিক প্রতিক্রিয়া

কোষরা রসায়ন-শাস্ত্রীয় ও তাপ-তরল বিদ্যার আইন-কানুন মেনে চলে। যখন দু'টি মলিকিউল একটি কোষের ভেতর একে অন্যের সঙ্গে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া করে তখন তাদের উভয়ের অণুগুলো পুনঃবিন্যস্ত হয়ে প্রতিক্রিয়ার ফলাফল হিসাবে ভিন্ন মলিকিউল সৃষ্টি হয়। এসময় কিছু এনার্জি নির্গত হতে পারে। এরূপ প্রতিক্রিয়া একমুখো হয়ে থাকে- অর্থাৎ প্রতিক্রিয়া থেকে সৃষ্ট উৎপন্নদ্রব্য আবার প্রতিক্রিয়া করে বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে না। কারণ এরূপ ক্ষেত্রে প্রথম প্রতিক্রিয়ার ফলাফল হবে শূন্য- অর্থাৎ মূল মলিকিউল পুনরায় তৈরী হয়ে যাবে। সুতরাং সকল রসায়নিক প্রতিক্রিয়ায় এই একদিকে প্রতিক্রিয়া সৃষ্টির আইন মানার পেছনে নিশ্চয় কোন কারণ থাকতে হবে। এই কারণটি হলো, মলিকিউল যখন পরিবর্তন হয় তখন উচ্চ মুক্ত এনার্জি অবস্থা (higher free energy label) থেকে নিম্ন মুক্ত এনার্জি (lower free energy label) অবস্থায় রূপান্তর হয় মাত্র। মুক্ত এনার্জির অর্থ হলো কার্য সম্পাদনের যোগ্যতা। এ ক্ষেত্রে যে কার্য সম্পাদন হয় তাহলো রসায়নিক প্রতিক্রিয়ার ফলে মলিকিউলের অণুগুলোর পুনঃবিন্যাস। তবে কার্য (work) যখন আঞ্জাম দেওয়া হয় তখন কিছু মুক্ত এনার্জি ক্ষয় হয়- ফলে পরিবর্তিত অবস্থায় মলিকিউলের মুক্ত এনার্জির মাত্রা এখন অল্প। আমরা ব্যাপারটি পানির স্রোত দ্বারা বুঝিয়ে বলতে পারি। উচ্চ স্তর থেকে যখন পানি নিম্ন স্তরে নেমে আসে তখন পানির মধ্যস্থ উচ্চ এনার্জি নিম্ন এনার্জিতে রূপান্তর হয়- ফলে পানি আবার উপরের স্তরে আরোহণ করতে পারে না। তবে অবশ্যই অন্য কোন কার্য দ্বারা যেমন পাম্প ব্যবহার করে এই পানিকে আবার উপরের স্তরে নেওয়া যায়- তথা উচ্চ এনার্জি স্তরে পৌঁছানো সম্ভব। তরল বলবিদ্যার ক্ষেত্রে এই উপায়কে বলা হবে, বাইরের সূত্র দ্বারা পানির মুক্ত এনার্জিকে বাড়ানো হয়েছে। একইভাবে কোষের অভ্যন্তরে অনুষ্ঠিত রসায়নিক প্রতিক্রিয়া বিপরীতমুখী করে মূল অবস্থায় ফেরানো সম্ভব নয় যদি অন্য উপায়ে এনার্জি যোগান দেওয়া না হয়। আর এই এনার্জি ছাড়া কোষের মধ্যে বৃদ্ধি (growth) সম্ভব নয়।

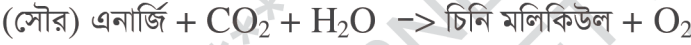
কোষ একটি বিশেষ পদ্ধতির মাধ্যমে এই কাজটি সারে। কোন এনার্জি-নির্গতকারী রসায়নের এনার্জি ব্যবহার করে এনার্জি-শোষণ প্রতিক্রিয়া ঘটানো হয়। আমরা ব্যাপারটি বুঝার জন্য মেকানিক্যাল একটি সিস্টেম নিয়ে ভাবতে পারি। আগের যুগের মিলে বেশ কিছু ব্লেড সম্বলিত বিরাট আয়তনের চাকা পানির স্রোত দ্বারা ঘুরানো হতো। উচ্চ স্তর থেকে নীচের দিকে প্রবহমান পানির মধ্যে কিনেটিক এনার্জি থাকে। এই এনার্জি দ্বারা ব্লেড ঘুরানোর মাধ্যমে তৈরী করা হয় চাকার মধ্যে মেকানিক্যাল এনার্জি। আর চাকার সাথে চেইন বেঁধে কোন ভারী বস্তু উপরের দিকে উঠানো সম্ভব হয়। এভাবে পানির কিনেটিক এনার্জির সাথে মেকানিক্যাল এনার্জি জড়িত করে ভিন্ন কাজ সারাকে বলে জোড়া সিস্টেম (coupling)। কোষের ক্ষেত্রে এনজাইম (enzyme) ঐ মিলের চাকার সাথে তুল্য। এটা এনার্জি-নির্গতকারী প্রতিক্রিয়ার সঙ্গে এনার্জি-শোষক প্রতিক্রিয়ার মধ্যে কাপলিং কাজটি সারে। কোষের মধ্যে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ এনার্জি-নির্গতকারী প্রতিক্রিয়া যে মলিকিউলটি ঘটিয়ে থাকে তার নাম হলো এডেনোসাইন ট্রাইপোসফেইট (adenosine triphosphate- ATP)। এই মলিকিউলটি উপরোক্ত মেকানিক্যাল সিস্টেমে পানির স্রোতের সঙ্গে তুল্য। আর এই এটিপি মলিকিউল কোষের মধ্যে তৈরী হয় একটি এনার্জি-শোষণ প্রতিক্রিয়ায়, যার মাধ্যমে চিনির মলিকিউল ভেঙ্গে পড়ে। আমরা এ পর্যন্ত জটিল এই চেইন প্রতিক্রিয়া বিভিন্ন ভাবে বুঝানোর চেষ্টা চালিয়েছি। তবে ব্যাপারটি আরো পরিষ্কার হবে আমরা যদি এর সঙ্গে জড়িত গুরুত্বপূর্ণ সুগার মলিকিউল সম্পর্কে অতিরিক্ত জ্ঞানার্জন করে নিই।

ফটোসিনথেসিস (photosynthesis): খাদ্য চেইনের শুরু

গুরুত্বপূর্ণ কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়া ফটোসিনথেসিসকে বাংলায় সালোকসংশ্লেষণ বলে। আমরা মূল শব্দটিই প্রয়োগ করবো। কিছু জীবাণু ও বিশেষ করে সবুজ বৃক্ষের পত্র সূর্যের আলোকরশ্মি থেকে একটি কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে চিনি মলিকিউল ও অক্সিজেন তৈরী করে। এই প্রতিক্রিয়ার নামই হলো ফটোসিনথেসিস। এই প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে একটি গুরুত্বপূর্ণ খাদ্য চেইনের সূত্রপাত ঘটে। এর কারণ হলো নন-ফটোসিনথেসিস প্রাণী এই প্রতিক্রিয়া থেকে

সৃষ্ট কিছু জীবন রক্ষাকারী জৈবিক মলিকিউলের উপর নির্ভরশীল। আমরা নিজেরাই সরাসরি এসব জৈবিক মলিকিউল কাজে লাগাই শাক-শব্জি ভক্ষণ করে। এছাড়া যেসব জীব-জন্তু এসব শাক-শব্জি খেয়ে বাঁচে ওদের মাংস খেয়েও আমরা উপকৃত হই। আর ফটোসিনথেসিস থেকে সৃষ্ট অক্সিজেন শ্বাস-নিঃশ্বাসের মাধ্যমে ভেতরে নিয়ে কোষের খাদ্য হিসাবে যোগান দেই।

সূর্য থেকে আগত আলোকরশ্মি মূলত বিনামূল্যে প্রাপ্ত ইলেকট্রমেগনেটিক এনার্জি। বৃক্ষ ও ফটোসিনথেটিক জীবাণু একটি চিত্তাকর্ষক উপায়ে এই এনার্জিকে কেমিক্যাল বন্ড এনার্জিতে রূপান্তর করে। আমরা নিম্নোক্ত কেমিক্যাল সমীকরণের মাধ্যমে ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়াকে সংক্ষিপ্তভাবে তুলে ধরতে পারি।

(সৌর) এনার্জি + CO_2 + H_2O –> চিনি মলিকিউল + O_2

এনার্জি-শোষক ফটোসিনথেটিক প্রতিক্রিয়া হলো এনার্জি-নির্গতকারী চিনি মলিকিউল ভাঙ্গার বিপরীত প্রতিক্রিয়া। ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়ার সময় ক্লোরোফিল (chlorophyll) মলিকিউল সূর্যের আলোকের মধ্যস্থ এনার্জি শোষণ করে এবং এটি ব্যবহারের মাধ্যমে সাধারণ চিনি ও অন্যান্য কার্বহাইড্রেট উৎপাদন নিশ্চিত করে। এর ফলে অফুরন্ত চিনি মলিকিউলের আমদানী ও অনুরূপ বায়োলজিক্যাল বস্তু প্রাপ্য হওয়ায় নন-ফটোসিনথেসিস প্রাণীজীবন আমাদের গ্রহে বেঁচে থাকতে পারছে। মোটকথা ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়া ছাড়া এই পৃথিবীতে প্রাণীদের বসবাস সম্ভব হতো না।

এটিপি (ATP): কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়ার জ্বালানি

এনজাইম (enzyme) জৈবিক খাদ্যবস্তু ভেঙ্গে চিনি এবং অন্যান্য ক্ষুদ্র মলিকিউলে রূপান্তর করে- যেমন, আমিনো এসিড ও মেদী এসিড। কোষের মেক্রোমলিকিউল তৈরীতে এসব ক্ষুদ্র মলিকিউলের কিছুটা বিল্ডিং ব্লকস হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষুদ্র মলিকিউল আরোও প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে পরিবর্তিত হয়ে কোষের সাইটোপ্লাজমে এটিপি'র জন্য ব্যবহৃত হয়। এটিপি হলো কোষের ভেতরে এনার্জি বহনকারী মলিকিউল। এটা এডেনোসাইন

ডাইফোসফেইট (ADP) এবং অজৈবিক ফসফেইট (phosphate) দ্বারা সৃষ্ট। পানি-মধ্যস্থতাসম্পন্ন একটি প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে এটিপি থেকে ফসফেইট যুক্ত-পদার্থ সরিয়ে নেওয়া হয়। এই প্রতিক্রিয়ার নাম হাইড্রোলাইসিস (hydrolysis)। প্রতিক্রিয়ার সময় যে এনার্জি রিলিজ হয় তা থেকে কোষের ভেতর শুরু হয় আরো অনেকগুলো এনার্জি-শোষক প্রতিক্রিয়া। হাইড্রোলাইসিস নিম্নের সমীকরণ দ্বারা সংক্ষিপ্তভাবে তুলে ধরা যায়।

ATP + H_2O -> ADP + Pi + energy

অপরদিকে এই সমীকরণকে উল্টিয়ে লিখলে এটিপি তৈরী হবে। তবে প্রয়োজন এনার্জি যোগানো। এটা শুরু হয় গ্লাইকোসিস (glycosis) নামক রসায়নিক প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে। এই প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে গ্লুকোস মলিকিউল ধীরে ধীরে ভেঙ্গে যায়। এতে মোট ৯টি এনজাইম-যুক্ত প্রতিক্রিয়া সংঘটিত হয়। গ্লাইকোসিসের মাধ্যমে নির্গত কিছু এনার্জি এটিপি সৃষ্টির এনার্জি সূত্র হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ে চিনি মলিকিউল ভাঙ্গার সময় একটি প্রতিক্রিয়া ঘটে যাকে ট্রাইকারবোক্সিলিক এসিড সাইকেল (tricarboxylic acid cycle) বলে। এই প্রতিক্রিয়ায় গ্লাইকোলাইসিস প্রতিক্রিয়া দ্বারা সৃষ্ট তিনটি কার্বন এসিড থেকে সৃষ্টি হয় কার্বন ডাইওক্সাইড (CO_2)।

তৃতীয় ও শেষ পর্যায়ে চিনি মলিকিউল ভাঙ্গার সময় অক্সিডেটিভ ফসফরিলেশন (oxidative phosphorylation) নামক একটি প্রতিক্রিয়া সংঘটিত হয়। এতে বিরাট মাত্রার এনার্জি বেরিয়ে আসে। ফলে বড় মাত্রার এটিপি মলিকিউল সৃষ্টি হয়।

ইউনিট ১.৬. ডিএনএ (DNA)

কোষ যখন বিভক্ত হয় তখন এনার্জি ও এসাথে বিভিন্ন কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়ার প্রয়োজন দাঁড়ায়। ইতোমধ্যে আমরা এসব ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সম্পর্কে বিস্তারিত আলোচনা করেছি। কিন্তু ভাগকৃত কোষ মূলত প্রথমটির মতো সবদিক থেকে অভিন্ন। অর্থাৎ কোষ মূলত স্ব-প্রজনন তৈরীর উপাদান। সুতরাং হুবহু একই ধরনের কোষে পরিণত হতে হলে উপরোক্ত প্রতিক্রিয়াসমূহে ব্যবহৃত এনার্জি ঠিক কিভাবে ব্যবহৃত হবে তা নির্দেশিত হওয়ার উপায় থাকতে হবে। ঠিক যেভাবে একজন আর্কিটেক বিল্ডিংয়ের ব্লু-প্রিন্ট তৈরী করেন কন্সট্রাকশন কাজ শুরুর পূর্বে। কোষের ক্ষেত্রে শুধু ব্লু-প্রিন্ট থেকে নতুন কোষ সৃষ্টি নয়- ব্লু-প্রিন্টও কপি হতে হবে। আর এই কপি বিভক্তির পূর্বেই সংঘটিত হওয়া চাই- ফলে প্রত্যেক কন্যা কোষে এই ব্লু-প্রিন্ট থাকে যদ্বারা তারাও পরবর্তী পর্যায়ে অভিন্নভাবে বিভক্ত হতে সক্ষম হয়। অন্য কথায় কোষের বংশগত তথ্য এভাবে সংরক্ষণ থাকতে হবে। যে মলিকিউলে এটা সংরক্ষিত থাকে তার নাম ডিএনএ।

আগেই বলেছি DNA অর্থ deoxyribonucleic acid। প্রকাইরোটিক ও ইউকাইরোটিক এই উভয় ধরনের কোষের নিউক্লিয়াসে ডিএনএ মলিকিউল আছে। এই জটিল মলিকিউলে জেনেটিক তথ্য কোড হিসাবে সংরক্ষিত থাকে। অতীতে মনে করা হতো DNA মলিকিউল কোষের ভেতর নির্দিষ্ট কিছু তথ্য ক্যারী করে। কিন্তু এখন জানা গেছে DNA পুরো কোষের যাবতীয় জেনেটিক তথ্য কোড হিসাবে সংরক্ষণ করে এবং প্রোটিন সিনথেসিস ও নতুন কোষ সৃষ্টি তথা বিভক্তির জন্য এটি সরাসরি দায়ী।

প্রোটিন সংশ্লেষণ (protein synthesis) এর অর্থ হলো কোষের কার্যাদি ও বৃদ্ধির জন্য জরুরী প্রোটিন উৎপাদন। আর হুবহু কপি করার (replication) মানে হলো ডিএনএ নিজেকে কপি করে। এর মাধ্যমে পরবর্তী প্রজন্মের কোষে একই প্রোটিন সিনথেসিস ও রেপলিকেশন ক্রিয়া অব্যাহত থাকে। বহুকোষবিশিষ্ট

অধিকাংশ প্রাণীর মধ্যে ডিএনএ ক্রমোজাম (chromosome) নামক কাঠামোর ভেতর অবস্থান করে যা প্রত্যেক কোষের কেন্দ্রে পাওয়া যায়।

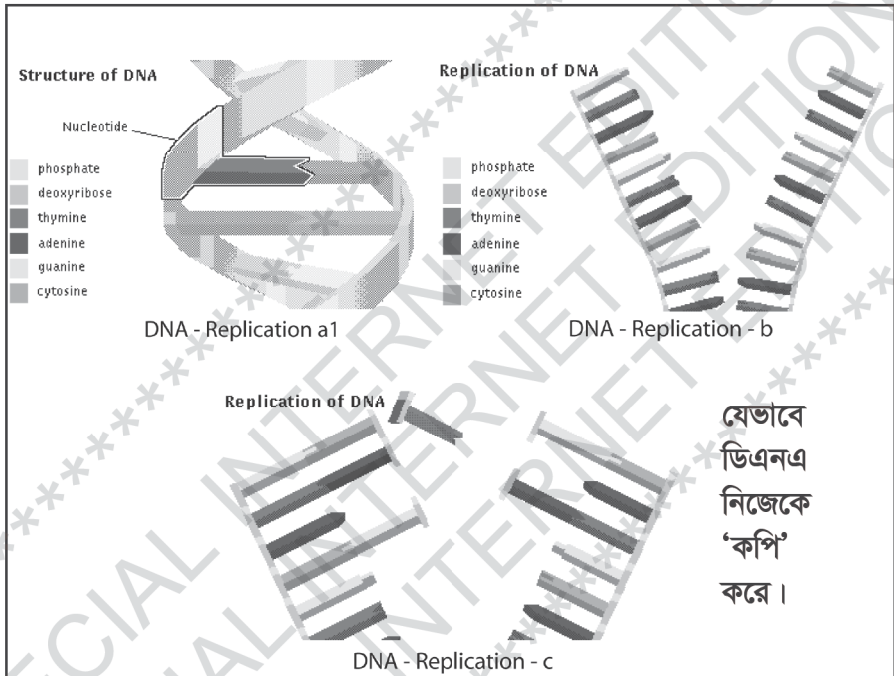
ডিএনএ মলিকিউলের কাঠামো

ডিএনএ মলিকিউলে দু'টি চেইন আছে। এতে বড়ো মাত্রার কেমিক্যাল যুক্ত-পদার্থ (chemical compound) বিদ্যমান। এসব পদার্থের নাম নিউক্লিওটাইড (nucleotide)। সবগুলো একটা আরেকটায় জড়িত থেকে একটি চেইন সৃষ্টি করেছে। এই চেইন দু'টো একটি মইয়ের মতো সৃষ্ট তবে মোচড়ানো (নীচের পরের পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)। অর্থাৎ পুরো মইটি সোজা না হয়ে মুচড়ে গিয়েছে যাকে বলা হয় ডবল হিলিক্স (double helix)।

নিউক্লিওটাইডে তিনটি আলাদা ইউনিট থাকে যথা: একটি চিনি মলিকিউল (deoxyribose), একটি ফসফেইট গ্রুপ ও চারটি নাইট্রোজেনযুক্ত কম্পাউন্ডের একটি যাদেরকে বলা হয় বেইজ। এই চার বেইজ হলোঃ এডেনিন (adenine - A), থাইমিন (thymine - T), সাইটোসিন (cytosine - C) এবং গোয়ানিন (guanine - G)। নিউক্লিওটাইডের কেন্দ্রীয় অবস্থানে ডিওক্সিরিবোজ মলিকিউল দখল করে রাখে। এর একদিকে থাকে ফসফেইট গ্রুপ এবং অপরদিকে একটি বেইজ। আবার চেইনের মধ্যে প্রতিটি ফসফেইট গ্রুপের নিউক্লিওটাইড জড়িত থাকে নিকটবর্তী নিউক্লিওটাইডের ডিওক্সিরিবোজ এর সঙ্গে। এসব যুক্ত ডিওক্সিরিবোজ-ফসফেইট উপ-ইউনিটগুলো দ্বারা মইয়ের সমান্তরাল প্রান্তের রেল সৃষ্ট। বেইজগুলো ভেতরের দিকে একে অন্যকে মুখ করে থাকে। এভাবেই মইয়ের ধাপ তৈরী হয়েছে।

ডিএনএ এর মইয়ের দু'পাশের দু'টি দীর্ঘ সূতার একটিতে যেসব নিউক্লিওটাইড আছে তা অপরটির নিউক্লিওটাইডের সাথে বিশেষভাবে সম্পর্কিত। সুতরাং নিউক্লিওটাইডে এডেনিন বেইজ (A) থাকলে তা সর্বদাই যেসব নিউক্লিওটাইডে থাইমিন বেইজ (T) আছে তাদের সঙ্গে জোড়ায় মিলিত হয়। অনুরূপভাবে যেসব নিউক্লিওটাইডে সাইটোসিন বেইজ (C) আছে তা সর্বদাই ঐসব নিউক্লিওটাইডের

সঙ্গে জোড়া সৃষ্টি করে যাদের বেইজ হয় গোয়ানিন (G)। একটি দুর্বল রসায়নিক বন্ডের মাধ্যমে এসব বেইজ যুক্ত হয় যাকে বলে হাইড্রোজেন বন্ড (hydrogen bond)। ডিএনএ সঠিকভাবে বিভক্ত হয়ে যাওয়ার পরই কোষ বিভক্ত হওয়া সম্ভব হয়।

যেভাবে ডিএনএ নিজেকে 'কপি' করে।

ডিএনএ বিভক্তির ক্রিয়া

গত অর্ধ শতক পূর্বে ডিএনএ বিভক্তির ক্রিয়া বিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করেন। কোষের নিউক্লিয়াসে ক্রমোজামে থাকে ডিএনএ মলিকিউল। এটা ঠিক যেভাবে বিভক্ত হয়ে অভিন্ন দু'টি ডিএনএ তৈরী করে তার বর্ণনা আমরা এখন সরল ভাষায় উপস্থাপনের চেষ্টা চালাচ্ছি। অবশ্য সংশ্লিষ্ট প্রতিটি চিত্রের দিকেও পাঠকদেরকে খেয়াল রাখতে হবে।

(আগের পৃষ্ঠার) বায়ের প্রথম চিত্রে (a1) আমরা ডিএনএ মলিকিউলের ডবল হিলিক্সের একটি অংশ দেখতে পাচ্ছি। মোট ৬টি ভিন্ন মলিকিউল দ্বারা পুরো ডবল হিলিক্স সৃষ্ট। একটি বিশেষ সিকুয়েন্সে এসব মলিকিউল একটা আরেকটাকে দুর্বল হাইড্রোজেন বন্ডের মাধ্যমে ধরে রেখেছে। লক্ষ করুন, ফসফেইট (H_3PO_4) ও চিনি মলিকিউল ডিওক্সিরিবোজ (৫টি কার্বন চিনি মলিকিউল) দ্বারা পেছানো মইয়ের দু' প্রান্ত ঘটিত। সিঁড়ির ধাপ তৈরী হয়েছে থাইমিন, এডেনিন, গোয়ানিন ও সাইটোসিন এসিড মলিকিউল দ্বারা- এগুলোকে বলে বেইজ। বাইরের প্রান্তস্থ দু'টি মলিকিউলের সঙ্গে বিশেষ পদ্ধতিতে এসব বেইজ মলিকিউল হাইড্রোজেন বন্ডের মাধ্যমে জড়িত আছে। একটি বেইজ মলিকিউল, একটি ফসফেইট ও একটি চিনি মলিকিউল মিলে তৈরী হয়েছে একেকটি ইউনিট যার নাম নিউক্লিওটাইড (b)। এই নিউক্লিওটাইডের ক্রমবিন্যাস (সিকুয়েন্স) হলো কোষ বা এর মালিকের (মানুষ বা প্রাণী) জেনেটিক কোড। এটা কিভাবে বিন্যস্ত তার উপর নির্ভর করে ঐ ব্যক্তির ডিএনএ এর স্বাক্ষরের স্বরূপ বা একক বৈশিষ্ট্য।

ডিএনএ বিভক্তির পূর্বমুহূর্তে নিউক্লিওটাইডের এক প্রান্ত আলাদা হয়ে যায় (b)। এর কোষের সাইটোপ্লাজমে মুক্ত ও চলন্ত কিছু নিউক্লিওটাইড এসে সঠিক স্থানে ধাপের খোলা প্রান্তে এসে জড়িত হতে থাকে। যে নিউক্লিওটাইডে এডেনিন আছে তা ধাপের অর্ধেকের থাইমিনের সঙ্গে এবং যে নিউক্লিওটাইডে গোয়ানিন আছে তা ধাপের অর্ধেকের সাইটোসাইনের সঙ্গে জড়িত হয়। অন্য কোনভাবে এসব বন্ড তৈরী হয় না। এভাবে মূল মইয়ের উভয় অর্ধাংশ অতিরিক্ত নিউক্লিওটাইড দ্বারা পরিপূর্ণ হয়ে সৃষ্টি করে দু'টি আলাদা কিন্তু প্রথমটির মতো সম্পূর্ণ অভিন্ন DNA মলিকিউল (c)। এখন কোষটি নিজেই বিভক্ত হয়ে যেতে প্রস্তুত হয়ে গেলো।

এই পরিচ্ছেদে আমরা এ পর্যন্ত যা বলেছি তা কোষের পরিচিতি ও বিভক্ত হওয়ার প্রস্তুতি পর্ব মাত্র বলা যায়। আমরা এবার পরবর্তী পরিচ্ছেদে বাস্তবে কিভাবে কোষ বিভক্ত হয় সে ব্যাপারে বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরার প্রয়াস পাচ্ছি। আমার অনুরোধ উপরে বর্ণিত বিভিন্ন জটিল রসায়নিক প্রতিক্রিয়া ঠিক কিভাবে ঘটে তা পুরোদমে বুঝতে না পারলে পরিচ্ছেদটি পুনরায় মনোযোগসহ পাঠ করে নিলে ভালো হবে। কোষ সম্পর্কে সঠিক জ্ঞানার্জনে এসব প্রতিক্রিয়া অনুধাবন একান্ত জরুরী।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

ইউনিট ২.১. কোষের বিভিন্ন অংশ

কোষ বিভক্তি ক্রিয়াটি কোষের উপর গবেষণায় সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। আমরা প্রথম পরিচ্ছেদে কোষ বিভক্তির আয়োজন কিভাবে সংঘটিত হয় তা বুঝিয়ে বলেছি। কোষের অভ্যন্তরে অনুঘটক মেক্রোমলিকিউল কিভাবে নতুন জেনেটিক বস্তু 'কপি' করে তা বর্ণিত হয়েছে। এছাড়া কোষের সার্বিক নিয়ন্ত্রক কেন্দ্রে অবস্থিত সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ মলিকিউল ডিএনএ কিভাবে নিজেকে কপি করে তাও বলা হয়েছে। মোট কথা এ পর্যায়ে এসে আমরা কোষ বিভক্তির ক্রিয়াটি বর্ণনা করতে প্রায় পূর্ণ প্রস্তুতি নিয়েছি কারণ ইতোপূর্বে যা কিছু ঘটে তা জানতে পেরেছি।

ইউকারিওট কোষের বিভিন্ন অংশ

দু'টি মৌলিক পদ্ধতি অবলম্বনে সকল কোষ ভাগ হয়। এগুলো হলোঃ ১. মাইটোসিস (mitosis) এবং ২. মাইওসিস (meiosis)। প্রথম পদ্ধতি সাধারণ কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য আর দ্বিতীয়টির সঙ্গে যৌন কোষ জড়িত। একটি কোষের ভেতর যেসব বস্তু থাকে সে সম্পর্কে আরো বেশী না জানলে এই কোষ বিভক্তির ক্রিয়া ও কারণ সম্পর্কে পূর্ণ জ্ঞান আমাদের হবে না। তাই ইতোমধ্যে উল্লেখিত মাইটোসিস ও মাইওসিস ক্রিয়ার উপর বিস্তারিত বলার আগে কোষের অভ্যন্তরস্থ সকল জেনেটিক বস্তুর উপর গভীর আলোচনার প্রয়াস পাচ্ছি। মনে রাখা দরকার কোষ ভাগ হওয়ার সময় এসব প্রতিটি বস্তুও ভাগ হতে হবে। অন্যথায় মূল কোষের অভিন্ন কপি হবে না- যা একান্ত জরুরী। সুতরাং কোষ পরিচিতি পর্বের পূর্ণ ব্যাখ্যার পরেই আমরা পরবর্তী পরিচ্ছেদে মাইটোসিস ও মাইওসিস বিভক্তি ক্রিয়ার বিবরণ তুলে ধরবো।

ইউনিট ২.২. কোষের নিউক্লিয়াস

উপরের (আগের পৃষ্ঠার) চিত্রে মানুষসহ জীব-জন্তুর ইউকারিওটিক কোষের বিভিন্ন অংশ দেখানো হয়েছে। আমরা এসব অংশের বর্ণনা এখন একে একে তুলে ধরছি। সকল উন্নত পর্যায়ের প্রাণীর কোষের মধ্যে থাকে কেন্দ্রীয় তথ্য সেন্টার যার নাম নিউক্লিয়াস। একটি বিশেষ খামের মাধ্যমে সাইটোপ্লাজম থেকে এটি আলাদাভাবে অস্তিত্ব বজায় রাখে। এই খামকে নিউক্লিয়ার খাম বলে। নিউক্লিয়াসে অবস্থানরত মূল মলিকিউলগুলোর নাম হলো ডিওক্সিরিবোনিউক্লিক এসিড বা ডিএনএ (deoxyribonucleic acid - DNA)। এই মলিকিউলই কোষের জেনেটিক তথ্য সংরক্ষণ করে। কোষের বেড়েওঠা ও ভাগের সময় এই সংরক্ষিত তথ্য একান্ত জরুরী। আমরা ইতোমধ্যে ডিএনএ সম্পর্কে বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরেছি।

নিউক্লিয়াস হলো প্রতিটি কোষের মধ্যে সর্বাপেক্ষা প্রভাবশীল ও প্রকট কাঠামো। এটা সাধারণত আকারে বৃত্তের মতো দেখায় এবং পুরো কোষের মোট ভলিউমের ১০ শতাংশ স্থান দখল করে রাখে। ইতোমধ্যে বর্ণিত নিউক্লিয়ার এনভেলোপ বা খামের মধ্যস্থ বিভিন্ন স্তরকে বলে পেরিনিউক্লিয়ার স্পেইস (perinuclear

space)। নিউক্লিয়ার খামটি পুরো কোষব্যাপী বিস্তৃত একটি মেমব্রেন নেটওয়ার্ক দ্বারা যুক্ত। এই ক্ষুদ্র পাইপের মতো নেটওয়ার্ককে বলে এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম (endoplasmic reticulum)। নিউক্লিয়ার খামের মধ্যে ছোট্ট ছোট্ট অনেক ছিদ্র আছে। এগুলোকে বলে নিউক্লিয়ার পোর্স (nuclear pores)। এসব ছিদ্র দিয়ে কোষের বাইরে অবস্থানরত বিভিন্ন মলিকিউলের মধ্য থেকে নির্বাচিত কিছু মলিকিউল নিউক্লিয়াসের ভেতর আসা-যাওয়া করে। এসব ছিদ্র অপছন্দ মলিকিউলকে ভেতরে যেতে ও ভেতর থেকে বাইরে আসতে বিরত রাখে।

নিউক্লিয়াস থাকা ও না থাকার মধ্যে নির্ভর করে কোষের ধরন। বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীদের কোষকে বলে ইউকারিওটিক সেল (eukaryotic cell) এবং একক কোষবিশিষ্ট প্রাণীদের কোষকে বলে প্রকারিওটিক সেল (prokaryotic cell)। প্রথম প্রকার কোষের কেন্দ্রে নিউক্লিয়াস বিদ্যমান আর দ্বিতীয়টির কেন্দ্রে কোন নিউক্লিয়াস নেই। তবে উভয় প্রকার কোষে নিউক্লিয়াসে অবস্থানকারী মলিকিউল ডিএনএ বিদ্যমান। আমরা ইতোমধ্যে জেনেছি ডিএনএ ইউকারিওটিক কোষের নিউক্লিয়াসে থাকে। প্রকারিওটিক কোষের যেহেতু নিউক্লিয়াস নেই তাই অন্যান্য সদস্যদের সাথে ডিএনএ কোষের একই কক্ষে অবস্থান করে।

ইউকারিওটিক কোষের কেন্দ্রস্থ এবং প্রকারিওটিক কোষের মধ্যস্থ ডিএনএ মলিকিউলের কাজ কিন্তু একই ধরনের। এটি দু'টি গুরুত্বপূর্ণ ডিউটি পালন করে। প্রথমত ডিএনএ-তে সংরক্ষিত থাকে জেনেটিক কোড যার উপর নির্ভর করে কোষ দ্বারা কোন ধরনের প্রাণী সৃষ্টি হবে - অর্থাৎ মানুষ না বৃক্ষ ইত্যাদি। আর দ্বিতীয়ত কোষের অন্যান্য কার্যাদির অধিকাংশকে নিয়ন্ত্রণ করা- যেমনঃ বৃদ্ধি (growth), বিপাকক্রিয়া (metabolism) এবং পুনর্জনন (reproduction)। প্রথম কাজের জন্য ডিএনএ নিজে বিভক্ত হওয়ার সময় পিতা থেকে কন্যা সেলে জেনেটিক তথ্য সংরক্ষণ করে আর দ্বিতীয় কাজগুলো ডিএনএ সম্পাদন করে দীর্ঘ চেইনসম্পন্ন আমিনো এসিড (amino acid) তৈরী করে- যাকে বলে প্রোটিন সিনথেসিস (protein synthesis)। আমরা পরবর্তী একটি পরিচ্ছেদে এসব এসিডের উপর বিস্তারিত তথ্যা তুলে ধরবো।

নিউক্লিয়াসের মলিকিউল

ডিএনএ ছাড়াও প্রতিটি কোষের নিউক্লিয়াসে নিউক্লিওলাস (nucleolus) নামক একটি কাঠামো আছে। এই নিউক্লিওলাস রিবোজাম্স (ribosomes) নামক প্রোটিন তৈরীর সঙ্গে জড়িত কোষের কাঠামো উৎপাদন করে। প্রত্যেক কোষের নিউক্লিয়াসে সাধারণত এক বা ততোধিক নিউক্লিওলি (নিউক্লিওলাসের একবচন) থাকে। এগুলোকে দেখতে বিশেষ আকারহীন ফাইবারের মতো লাগে। এসব নিউক্লিওলাসকে কোন মেমব্রেন বা পর্দা দ্বারা কেন্দ্রের মধ্যে আলাদা করে রাখা হয় নি- এগুলো মুক্তভাবে সেখানে অবস্থান করে।

রিবোজাম্স উৎপাদন ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত থাকে রিবোজামের মূল মলিকিউল রিবোনিউক্লিক এসিড (ribonucleic acid - RNA) এবং প্রোটিন- উভয়কে একত্রিত করে জড়িত করা। আমরা একটু পরই রিবোজাম উৎপাদন ক্রিয়া বিস্তারিতভাবে বুঝিয়ে বলবো।

ডিএনএ ও প্রোটিন ক্যারিয়ার ক্রমোজাম্স

নিউক্লিয়াসের আসল মলিকিউল যে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র কাঠামো বহন করে তাকে বলে ক্রমোজাম (chromosomes)। ক্রমোজাম মূলত ডিএনএ মলিকিউল ও প্রোটিন দ্বারা ঘটিত। আমরা ইতোমধ্যে ডিএনএ মলিকিউলের কাঠামোর উপর বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরেছি। ক্রমোজামের বিশেষ অবস্থানে অপর যে বস্তু বিদ্যমান থাকে তার নাম হলো জিন (gene)। ক্রমোজামে ডিএনএ প্যাকেজ করতে যেয়ে ক্রমোজামে অবস্থানরত আরেক প্রোটিন ব্যবহার করে যাকে বলে হিসটোন্স (histones)। ডিএনএ এর বিভিন্ন অংশ এসব হিসটোনের চতুর্দিকে পেঁচিয়ে থাকে। এসব ইউনিটকে বলে নিউক্লিওজাম (nucleosomes)। অপর আরেক ধরনের প্রোটিন যাকে বলা হয় নন-হিসটোন ক্রমোজামেল প্রোটিন- নিউক্লিওজামকে আরো টাইট-ফিট করে পেঁচিয়ে রাখে। কোষ যখন বিভক্তির

প্রস্তুতি নেয় তখন ক্রমোজাম ঘন হয়ে পড়ে। তবে ডিএনএ মলিকিউল যতোই এঁটোসেঁটো থাকুন না কেন, ক্রমোজাম কাঠামো এটা নিশ্চিত রাখে যে ডিএনএ মলিকিউল ট্রান্সক্রিপশন নামক ক্রিয়া ঘটাতে সক্ষম হওয়ার জন্য যথেষ্ট মুক্ত থাকে। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে ডিএনএ মলিকিউল মেসেঞ্জার রিবোনিউক্লিক এসিড (mRNA) উৎপাদন করে। আর এই এসিডই ডিএনএ থেকে নির্দেশ বহন করে কোষের মধ্যে কোন ধরনের প্রোটিন নির্দিষ্ট স্থানে উৎপাদিত হবে। এছাড়া ক্রমোজাম ডিএনএ রেপলিকেশন যাতে সম্ভব হয় তারও অনুমতি প্রদান করে। বিজ্ঞানীরা এখনও কোষ সম্পর্কে অনেক কিছু শিখছেন। ক্রমোজামে অবস্থানরত ডিএনএ কিভাবে হিসটোন থেকে মুক্ত হয়ে নিজেকে কপি এবং এমআরএনএ উৎপাদন করে তা এখনও সম্পূর্ণরূপে জানা হয় নি।

উপরে বর্ণিত বস্তুগুলো ছাড়াও ক্রমোজামে দু'টি গুরুত্বপূর্ণ কাঠামো আছে যাদেরকে বলে সেন্ট্রোমিয়ার্স (centromeres) ও টেলোমিয়ার্স (telomeres)। কোষ বিভক্তির সময় মাইক্রস্কোপে প্রথমটিকে দেখতে অনেকটা দড়ির গিঁটের মতো লাগে। এটা স্পিন্ডল নামক এপারেটাসের সঙ্গে যুক্ত থাকে। স্পিন্ডলে আছে ফাইবার যা সেন্ট্রোমিয়ার্সকে চলন্ত রাখে। এতে ক্রমোজামের মধ্যে গতি সৃষ্টি হয়। সুতরাং এ উপায়ে মাইটোসিস ক্রিয়ার সময় প্রত্যেক ক্রমোজাম যাতে তাদের সঠিক স্থানে গিয়ে পৌঁছে তা নিশ্চিত হয়। একইভাবে মাইওসিস কোষ বিভক্তির সময়ও ক্রমোজাম যাতে সঠিক স্থানে যেয়ে পৌঁছে তা নিশ্চিত করে দেয় এসব সেন্ট্রোমিয়ার্স। আমরা পরবর্তীতে মাইওসিস ও মাইটোসিস এই উভয় প্রকার কোষ বিভক্তির উপর বিস্তারিত আলোচনা করবো।

টেলোমিয়ার্স কাঠামো হলো ক্রমোজামের প্রান্তদেশে স্থাপিত বিশেষ বিন্যাসে সাজানো কিছু ডিএনএ মলিকিউল। টেলোমিয়ার্সের কাজ হলো বিভিন্ন ক্রমোজামের শেষভাগ যাতে একে অন্যের সঙ্গে যুক্ত না হয় তা নিশ্চিত করা। এটা একটি ঢাকনার মতো। বিজ্ঞানীরা এখনও এই কাঠামো সম্পর্কে পূর্ণ জ্ঞান অর্জন করেন নি। অনেকে মনে করেন, টেলোমিয়ার্সই একটি কোষের আয়ু নির্ধারণ করে।

ক্রমোজাম সংখ্যা

অধিকাংশ প্রাণী যারা নতুন প্রজন্ম নিশ্চিতকরণে যৌনক্রিয়া ব্যবহার করে, তাদের কোষে জোড়ায় জোড়ায় ক্রমোজাম বিদ্যমান: একটি ক্রমোজাম আসে মাতার নিকট থেকে আর আরেকটি আসে পিতার কাছ থেকে। প্রত্যেক জোড়ার প্রতিটি ক্রমোজামে উত্তরাধিকারসূত্রে প্রাপ্ত মাতা-পিতার জিনের বৈশিষ্ট্যাবলী বিদ্যমান থাকে। তবে একই কোষে প্রতিটি জোড়া ক্রমোজামই অপর প্রতিটি জোড়া ক্রমোজাম থেকে ভিন্ন। একটি কোষে মোট ক' জোড়া ক্রমোজাম আছে তা নির্ভর করে প্রাণীর প্রজাতির উপর। যে কোন প্রজাতির কোষে কি পরিমাণ ক্রমোজাম আছে সে হিসাবকে বলে ডিপ্লোইড নাম্বার (deploid number)। দৃষ্টান্তস্বরূপ কুকুরের আছে ৩৮ জোড়া ক্রমোজাম। সুতরাং কুকুরের ডিপ্লোইড সংখ্যা হলো ৭৬। অপরদিকে টমেটো গাছের কোষে আছে ১২ জোড়া ক্রমোজাম ও ডিপ্লোইড সংখ্যা ২৪।

যৌনকোষে তা ডিম্ব হোক আর বীর্য হোক, প্রাণীর অন্যান্য কোষের তুলনায় অর্ধেক মাত্র ক্রমোজাম থাকে। এই নিম্ন সংখ্যাকে বলে হাপ্লোইড সংখ্যা (haploid number)। পুরুষ ও নারীর যৌনকোষ একত্রিত হয়ে জড়িত হওয়ার সময় (অর্থাৎ fertilization-এর সময়) একটি ডিম্বকোষ ও একটি শুক্রকোষ মিলে অপর একটি কোষে পরিণত হয় যার নাম জাইগোট (zygote)। এটিই নতুন শিশুর প্রথম কোষ। ফার্টিলাইজেশনের পূর্বে যৌনকোষদ্বয়ের হাপ্লোইড সংখ্যার দ্বিগুণ সংখ্যক ক্রমোজাম এই প্রজাতির শিশুর প্রথম কোষে বিদ্যমান থাকবে, যাকে বলা হয় প্রজাতির ডিপ্লোইড সংখ্যা। অধিকাংশ প্রাণীর মধ্যে সমকক্ষ ক্রমোজাম জোড়া আছে যাকে বলে অটোজামস (autosomes)। তবে স্তন্যপায়ী জন্তু, পক্ষী এবং আরো কিছু প্রাণীদের কোষে একজোড়া ক্রমোজাম আছে যা সমকক্ষ নয়। এই জোড়ার নামই হলো যৌন ক্রমোজাম (sex chromosome)। এই জোড়াই নির্দিষ্ট করে জাইগোট তথা নতুন শিশু পুরুষ না নারী হবে।

স্ত্রীজাতির কোষে থাকে দু'টি যৌন ক্রমোজামের কপি যাকে বলে এক্স ক্রমোজাম (X-chromosome)। অপরদিকে পুরুষজাতির যৌন ক্রমোজামে আছে দু'টি ভিন্ন ক্রমোজাম- এদের একটি ঐ স্ত্রীজাতির এক্স (X) এর সমান আর আরেকটি যাকে বলে ওয়াই ক্রমোজাম (Y-chromosome)। সুতরাং জাইগোটে সর্বদাই মায়ের যৌন ক্রমোজাম থেকে একটিমাত্র এক্স (X) ক্রমোজাম আসবে। কিন্তু পুরুষের নিকট থেকে এক্স কিংবা ওয়াই এর মধ্য থেকে যে কোন একটি আসতে পারে। আর কোনটি এসেছে তার উপর নির্ভর করবে নতুন শিশু পুরুষ না নারী। যেহেতু নারীর যৌন ক্রমোজামে সর্বদাই দু'টি মাত্র এক্স থাকে তাই পুরুষ থেকে যদি আরেকটি এক্স আসে তাহলে নতুন শিশু নারী হবে। আর পুরুষ থেকে যদি একটি ওয়াই আসে তাহলে যেহেতু একটি ওয়াই ও একটি এক্স দ্বারা পুরুষের যৌন ক্রমোজাম গঠিত তাই নতুন শিশু হবে পুরুষ। এতে পরিষ্কার বুঝা গেল একমাত্র পুরুষই নিয়ন্ত্রণ করে নতুন শিশু নারী না পুরুষ হবে।

ওয়াই ক্রমোজাম এক্স এর তুলনায় তিন ভাগের একভাগ আয়তনবিশিষ্ট মাত্র। সুতরাং এতে জিনের সংখ্যাও এক্স-এর ভগ্নাংশ পরিমাণ। উভয় ক্রমোজামের মধ্যে এই মৌলিক পার্থক্যের সঠিক কারণ জানা যায় নি- তবে মনে করা হয় সুদূর অতীতে একদা উভয়টি সমান ছিলো।

২৩তম যৌন ক্রমোজামটি X এবং Y দ্বারা দেখানো হয়েছে

মানব কোষে মোট ২৩ জোড়া ক্রমোজাম আছে। অর্থাৎ আমাদের ডিপ্লোইড সংখ্যা হলো ৪৬। উপরের (পূর্বের পৃষ্ঠার) চিত্রে এই ২৩ জোড়া ক্রমোজাম দেখানো হয়েছে। বিজ্ঞানীরা আয়তনের উপর নির্ভর করে এগুলোর সংখ্যা বসিয়ে থাকেন- সুতরাং সর্বাপেক্ষা বড়োটি হবে ১ এবং সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রটি হবে ২৩ নাম্বার ক্রমোজাম জোড়া।

উপরের (আগের পৃষ্ঠার) চিত্রে ২৩ নং ক্রমোজামকে সংখ্যার বদলে এক্স ও ওয়াই অক্ষর দ্বারা নির্ণিত করা হয়েছে। এর কারণ হলো এই জোড়াটিই যৌনক্রমোজাম।

ইউনিট ২.৩. কোষের সাইটোপ্লাজম

বহুকোষবিশিষ্ট জন্তুর কোষের বাইরের প্লাজমা মেমব্রেনের ভেতর যাবতীয় এলাকাকে বলে কোষের সাইটোপ্লাজম। অন্যান্য একই ধরনের কোষ থেকে এই বাইরের মেমব্রেন কোষটির আলাদা বৈশিষ্ট্য নির্দিষ্ট রাখে। এছাড়া বিভিন্ন কোষের মেমব্রেন থেকে মেমব্রেনে ট্রাফিক নিয়ন্ত্রক হিসাবেও সাইটোপ্লাজম ভূমিকা রাখে।

প্রতিটি কোষের সাইটোপ্লাজমে আছেঃ ১. নিউক্লিয়াস (নিউক্লিওলাস, নিউক্লিয়ার ছিদ্র, নিউক্লিয়ার মেমব্রেন), ২. গল্গি এপারেটাস (golgi apparatus), ৩. সেন্ট্রিওল (centriole), ৪. লাইসোজাম (lysosome), ৫. মাইটোকন্ড্রিয়ান (mitochondrion), ৬. রাফ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম (rough endoplasmic reticulum), ৭. স্মোধ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম (smooth endoplasmic reticulum) এবং ৮. বাইরের দেওয়াল যার নাম প্লাজমা মেমব্রেন (plasma membrane)।

ইতোমধ্যে আমরা উপরে উল্লেখিত প্রথমটি তথা নিউক্লিয়াসের উপর বিস্তারিত বলেছি। এখন দ্বিতীয় থেকে অষ্টমটির উপর ধারাবাহিকভাবে বর্ণনা করা হবে।

২. গল্গি এপারেটাস

একে কোষ বিজ্ঞানীরা গল্গি বডি এবং গল্গি কমপ্লেক্স বলেও আখ্যায়িত করে থাকেন। এটি সাইটোপ্লাজমে ভাসমান স্তরে স্তরে বিন্যস্ত স্থলী। এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলামে উৎপাদিত প্রোটিনগুলোকে মজুদ, প্যাকেজ ও বন্টনের কাজ হলো এই এপারেটাসের মূল ডিউটি। ইতালীর এ্যানাটমিস্ট কামিলো গল্গি উনবিংশ শতকের শেষের দিকে এসব বস্তুর উপর গবেষণা করে এদের কার্যাদি বুঝিয়েছিলেন তাই তারই নামানুসারে এদের নামকরণ হয়েছে।

গল্গি এপারেটাস

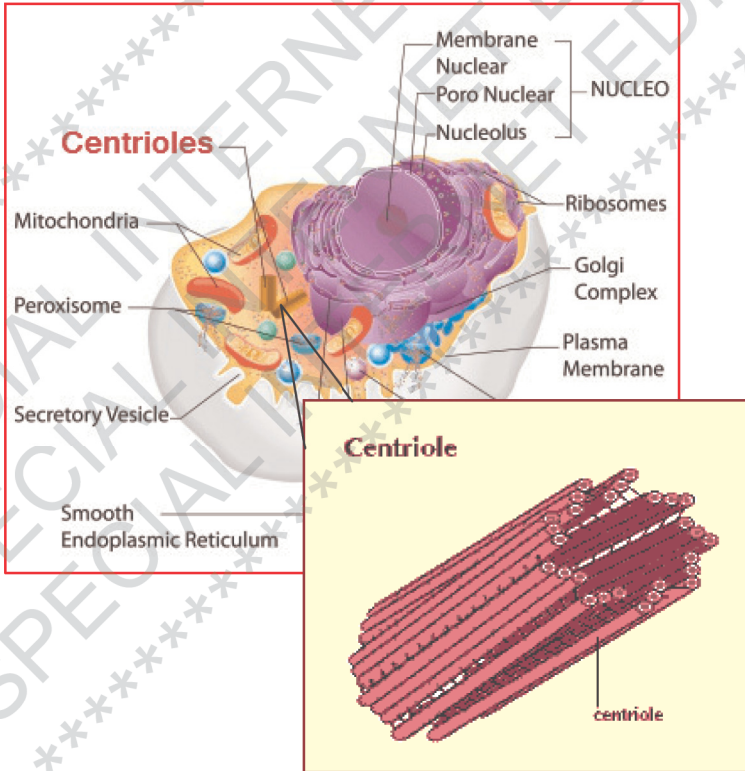
কোষের নিউক্লিয়াসের নিকটবর্তী স্থানে গল্গি এপারেটাসের অবস্থান। প্রতিটি এপারেটাসে আছে ৬ কিংবা ৭টি চেপ্টা মেমব্রেন দ্বারা আবৃত স্থলী। একটা আরেকটার মধ্যে খুব ক্ষুদ্র কিছু ফাঁক বিদ্যমান। এগুলো মূলত কাপের মতো- এর কনকেভ প্রান্ত কোষের উপরের দিকে আর কনভেক্স প্রান্ত নিউক্লিয়াসের দিকে মুখ করে থাকে। প্রাণীদের কোষে ১০ থেকে ২০টি এবং বৃক্ষের কোষে কয়েক শত পর্যন্ত গল্গি এপারেটাস থাকে। এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলামে ডিএনএ মেসেঞ্জার আরএনএ কর্তৃক উৎপাদিত প্রোটিন ও লিপিড মলিকিউল এসে এসব

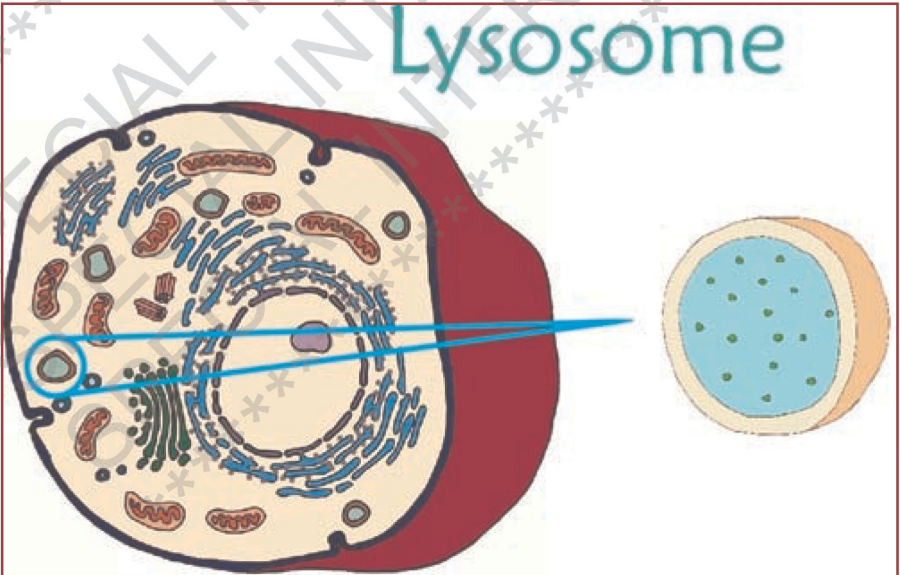
এপারেটাসের নিউক্লিয়াসের দিকে মুখ করে থাকা কনভেক্স প্রান্তে যুক্ত হয়ে যায়। এই প্রান্তের নাম সিআইএস সিসটার্না (CIS cisterna)। এরপর উভয় মলিকিউল স্থলীর মধ্যে ঢুকে ক্রমান্বয়ে অগ্রসর হয়ে অপরপ্রান্তে গিয়ে পৌঁছে। কোষের বাইরের দিকে থাকা গল্গি এপারেটাসের কনকেভ প্রান্তকে বলে ট্রান্স সিসটার্না (trans-cisterna)। প্রোটিন ও লিপিড মলিকিউল এখানে এসে স্থির হয়। এরপর প্রয়োজনে এগুলো পরিবর্তিত হতে পারে লিপিড কিংবা কার্বহাইড্রেট যুক্ত হওয়ার কারণে। এই প্রোটিন ও লিপিড একটি মেমব্রেন দ্বারা পরিবেষ্টিত হয়ে অবস্থান করে যাতে কোষের অন্যান্য এলাকায় এগুলো কোন প্রভাব ফেলতে না পারে। এই স্টোর করা প্রোটিন ও লিপিডকে বলে ভেসাইকল (vesicle)। এখন এগুলো কোথায় যাবে তা নির্দিষ্ট হবে।

যেসব প্রোটিনকে পুনরায় এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলামে ফিরে যাওয়ার জন্য উৎপাদন করা হয়েছে তাদের মধ্যে থাকে বিশেষ টাগ-চিহ্ন। গল্গি এপারেটাস এই টাগকে সনাক্ত করে প্রোটিনকে আবার এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলামে ফেরৎ পাঠিয়ে দেয়। আর কিছু প্রোটিন ও লিপিড মলিকিউল কোষের বাইরের দিকে পাঠিয়ে দেওয়া হয় যাতে ওগুলো পারিপার্শ্বিকতায় যেতে পারে। এছাড়া আরো কিছু প্রোটিন ও লিপিড নিয়ে যাওয়া হয় লাইসোজাম (lysosome) নামক পরিপাক এনজাইম মলিকিউল থাকার উপযোগী একটি ছোট্ট কাঠামোর মধ্যে।

গল্গি এপারেটাস শুধুমাত্র একটি গো-ডাউন স্টোররুম, প্যাকেজার ও বন্টক নয়- সে নিজে একটি গুরুত্বপূর্ণ দীর্ঘ চেইনের চিনি মলিকিউলও উৎপাদন করে। এই মলিকিউলগুলো হলো পলিসাকারাইড (polysaccharides) জাতীয় বস্তু। এগুলো কোষ তার বাইরে নির্গত করে। এসব দীর্ঘ মলিকিউলের মধ্যে সেল্যুলুজ (cellulose) এবং পেকটিন (pectin) অন্যতম। এ দু'টো মলিকিউল মিলে তৈরী হয় কোষের দেওয়াল তথা প্লাজমা মেমব্রেন (plasma membrane)।

৩. সেন্ট্রিওল

এগুলো নিউক্লিয়াসের নিকটে অবস্থান করে। রডের মতো জোড়ায় জোড়ায় থাকা মাইক্রোটিউবিউল নামক নয়টি প্রোটিনের তৈরী এসব ক্ষুদ্রকায় কাঠামো কোষ বিভক্তির সময় গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। প্রাণীদের কোষে এসব সেন্ট্রিওল (centriole) পাওয়া যায়। কোষ বিভক্ত হওয়ার কিছুক্ষণ আগে এগুলো থেকে দণ্ড এপারেটাস সৃষ্টি হয় এবং তা কোষের বিপরীত প্রান্তদেশে চলে যায়। এগুলোর কাজ হলো বিভক্তির সময় কোষের ক্রমোজামকে টেনে বিভক্ত করা।

৪. লাইসোজাম

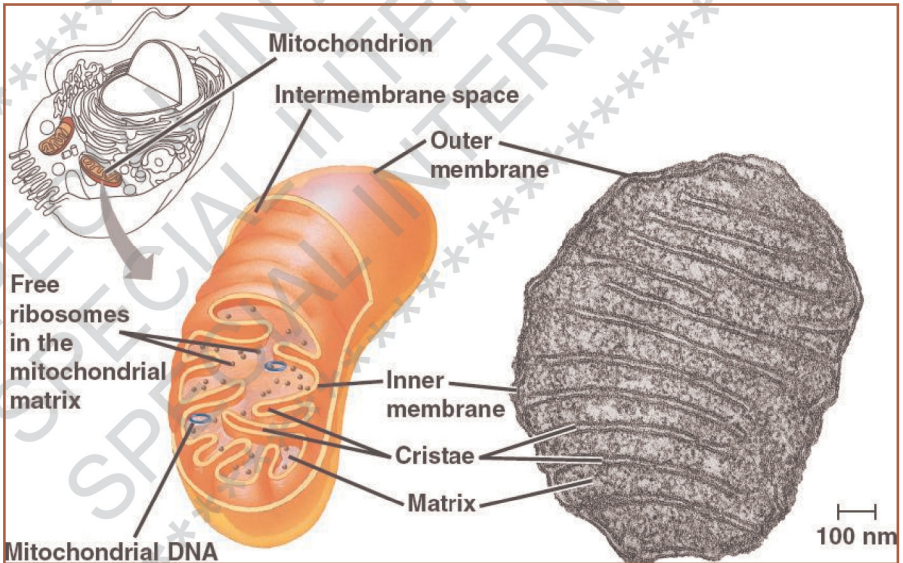
এটা মেমব্রেন-বেষ্টিত স্থলী। লাইসোজামে থাকে পরিপাক এনজাইম যদ্বারা দেহের মধ্যস্থ জটিল মলিকিউল ভাঙ্গার কাজ সাধিত হয়। দেহের ভেতর রোগ-বিরোধী যোদ্ধা কোষের মধ্যে এদের মাত্রা অনেক বেশী। এসব যোদ্ধা কোষের একটি হলো সাদা রক্তকোষ। এটির কাজ দেহে প্রবেশকৃত ক্ষতিকর আক্রমণাত্মক কোষ ও কোষের ধ্বংসাবশেষকে বিধ্বস্ত করা। লাইসোজামের আয়তনে বেশ বড়ো তারতম্য বিদ্যমান। এদের ব্যাস ০.০৫ থেকে ০.৫ মাইক্রোমিটার পর্যন্ত হয়ে থাকে। লাইসোজামে রক্ষিত এনজাইম সুরক্ষিত রাখার জন্য এদের চতুর্দিকে শক্ত দেওয়ালের মতো মেমব্রেন আছে। যদি ভেতরের এনজাইম বেরিয়ে পড়ে তাহলে পুরো কোষ ধ্বংস হয়ে যাবে। লাইসোজামের মেমব্রেনে যুক্ত প্রোটিন রসায়নিকভাবে এনজাইমের ক্রিয়াকেও সংরক্ষণ করে সঠিকভাবে অভ্যন্তরীণ এসিডিটি (বা অম্লতা) নিয়ন্ত্রণে রেখে। লাইসোজামে পরিপাক করা বস্তু লাইসোজাম থেকে ট্রান্সপোর্ট করার কাজও মেমব্রেন করে থাকে।

কোষের অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলামে লাইসোজামের এনজাইমগুলো উৎপাদন হওয়ার পর তা গল্গি এপারেটাসে এসে প্রসেস হয়। এখান থেকে এগুলো ডেলিভারী হয় ট্রান্সপোর্ট ভেসাইকোল্স (transport vesicle) নামক স্থলীর মাধ্যমে। তিন ধরনের মেমব্রেন বেষ্টিত কাঠামোর মধ্যে ডেলিভারীকৃত এনজাইম যুক্ত হয়। এই তিনটি হলোঃ এন্ডোজাম (endosome), ফাগোজাম (fhagosome) এবং অটোফাগোজাম (autofhagosome)। প্রথমটি সৃষ্টি হয় যখন কোষ মেমব্রেন নিউট্রিশোন্যাল মলিকিউল যেমন পলিসাকারাইড, জটিল লিপিড, নিউক্লিক এসিড কিংবা প্রোটিন ইত্যাদি বেষ্টন করে। এন্ডোসাইটোসিস (endocytosis) নামক একটি প্রসেসের মাধ্যমে এই কাজটি সংঘটিত হয়। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে মলিকিউলগুলো ভেঙ্গে ফেলা হয় পুনরায় কাজে লাগানোর উদ্দেশে।

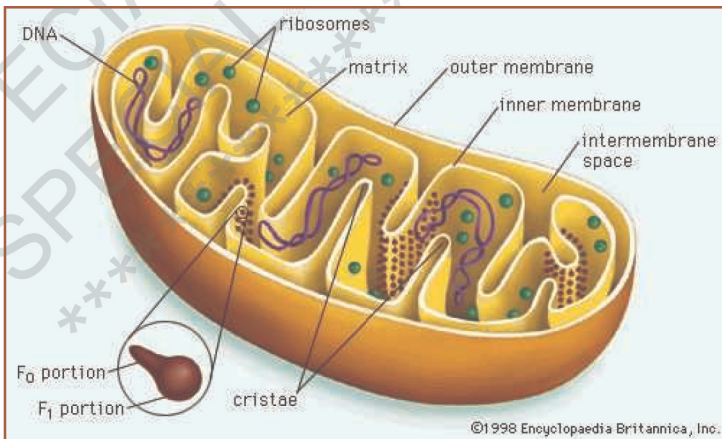
যখন কোষ মেমব্রেন বড়ো বস্তু যেমন যখমকৃত স্থানের গুঁড়ো, প্রদাহ (inflammation) কিংবা রোগ জীবাণু ইত্যাদি বেষ্টন করে তখন ফাগোসাইটোসিস (phagocytosis) নামক ক্রিয়ার মাধ্যমে ফাগোজাম সৃষ্টি হয়। অটোফাগোজাম তৈরী হয় যখন এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম ব্যবহৃত কোষ কাঠামো যেমন, মাইটোকোন্ড্রিয়ানকে মোড়ে বেঁধে ফেলে। এসব কাঠামো রিসাইকেলের জন্য প্রস্তুত থাকে। তিনটি ক্ষেত্রেই লাইসোজাম দ্বারা উৎপাদিত এনজাইমগুলো মেমব্রেনে বেষ্টিত বস্তুকে পরিপাক ক্রিয়ার মাধ্যমে সাধারণ কম্পাউন্ডে পরিণত করে আবার সাইটোপ্লাজমে ডেলিভারী দেয় নতুন কোষ-তৈরীর কাঁচামাল হিসাবে।

৫. মাইটোকন্ড্রিয়ান

কোষের এই অরগানেল (organelle) সাইটোপ্লাজমে অবস্থান করে। মাইটোকন্ড্রিয়ান কাঠামো নিউট্রিয়েনকে এনার্জি-সৃষ্টিকারী এডেনোসাইন ট্রাইফোসফেইট (adenosine triphosphate - ATP) মলিকিউলে পরিণত করার কাজে নিয়োজিত থাকে। কোষের ক্রিয়া সম্পাদনে শক্তি গোযান দেয় এই অঞ্চচ মলিকিউল। মাইটোকন্ড্রিয়ানের এই ফাংশনটিকে এরোবিক রেসপিরেশন (aerobic respiration) বলে। সুতরাং বিজ্ঞানীরা এই অরগানেলকে কোন

কোন সময় কোষের **'পাওয়ার হাউজ'** বলেও সম্বোধন করে থাকেন। অক্সিজেনের সাহায্যে এনার্জি সৃষ্টির ক্রিয়াকে বলে এরোবিক রেসপিরেশন (aerobic respiration)।

কোষের মধ্যস্থ অন্যান্য অরগানেলের তুলনায় মাইটোকন্ড্রিয়ান অনেকটা ভিন্ন এ কারণে যে, এটির মধ্যে ডিএনএ মলিকিউল আছে। এটি অবশ্য সাধারণত কোষের কেন্দ্র বা নিউক্লিয়াস ও প্রোটিন উৎপাদনকারী অরগানেল সাইটোপ্লাজমে ভাসমান অসংখ্য রিবোজামে পাওয়া যায়। মাইটোকন্ড্রিয়ান থেকে ডিএনএ মলিকিউল রিবোজামে প্রোটিন সৃষ্টির ক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করে। এদের অনেকেই এনজাইম জাতীয় প্রোটিন যাদের কাজ হলো এটিপি উৎপাদনে বায়োলজিক্যাল ক্যাটালিস্ট (biological catalyst) হিসাবে ভূমিকা রাখা। ক'টি মাইটোকন্ড্রিয়ান একটি বিশেষ কোষে আছে তা নির্ভর করে কোষটির কাজের উপর। যেমন ভারী ডিউটিতে রত পেশীকোষে মাইটোকন্ড্রিয়ানের মাত্রা অন্যদের তুলনায় অনেক বেশী।

মাইটোকন্ড্রিয়ানের কাঠামো

দীর্ঘ ও সরু মাইটোকন্ড্রিয়ান ইলেকট্রন মাইক্রস্কোপ দ্বারা দেখতে অনেকটা শিমের বিচির মতো লাগে। এদের দৈর্ঘ্য ০.৫ মাইক্রোমিটার থেকে ১ মাইক্রোমিটার পর্যন্ত হয়ে থাকে। মাইটোকন্ড্রিয়ানের মধ্যে জোড়া-মেমব্রেন বিদ্যমান। একটি স্থলী আরেকটি স্থলীর ভেতরে অবস্থান করে। অপেক্ষাকৃত মসৃণ বাইরের মেমব্রেনে থাকে অনেকগুলো 'ট্রান্সপোর্ট প্রোটিন'। এসব প্রোটিনের মাধ্যমে মাইটোকন্ড্রিয়ানের অভ্যন্তরস্থ বস্তু বাইর-ভেতর করা হয়। বাইরের মূল মেমব্রেন ও ভেতরের মেমব্রেনের মধ্যবর্তী এলাকা তরল পদার্থ দ্বারা পরিপূর্ণ- এই এলাকার নাম বাইর কমপার্টমেন্ট। ভেতরের মেমব্রেন অমসৃণ। এতে আছে অনেকগুলো ভাঁজ যাদের নাম হলো ক্রিস্টা (crista - cristae)। এসব ক্রিস্টার ভেতরই **এটিপি সিনথেসিস** সংঘটিত হয়। এই ক্রিস্টায় ক্যারিয়ার বা ট্রান্সপোর্ট মলিকিউল ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন (electron transport chain) এবং এটিপি উৎপাদনকারী বিভিন্ন এনজাইম মলিকিউল অবস্থান করে। ক্রিস্টা দ্বারা বেষ্টিত কেন্দ্র পর্যন্ত এলাকাটি তরল পদার্থে পরিপূর্ণ। এই এরিয়ার নাম ভেতর কমপার্টমেন্ট বা মেট্রিক্স (matrix)। এই এলাকায় অবস্থান করে অনেক এনজাইম মলিকিউল যাদের দ্বারা আগে বর্ণিত এরোবিক রেসপিরেশন কার্য সম্পাদিত হয়।

মাইটোকন্ড্রিয়ানের ক্রিয়া

যেসব কাজের জন্য এই অরগানেলটি ডিজাইন করা হয়েছে তার মধ্যে সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ হলো কোষের ক্রিয়াকলাপ নিশ্চিতকরণে প্রয়োজনীয় এনার্জি উৎপাদন করা। যে প্রসেসের মাধ্যমে এটি সম্পাদিত হয় তার নাম এরোবিক রেসপিরেশন (aerobic respiration)। এতে কোষের সাইটোপ্লাজমে প্রথমে গ্লুকোজ মলিকিউল ভেঙ্গে পাইরোভিক এসিড (pyruvic acid) উৎপাদিত হয়। এরপর এগুলো মাইটোকন্ড্রিয়ানে নিয়ে সাইট্রিক এসিড সাইকেল (citric acid cycle) নামক একাধিক রসায়নিক প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে আরো রদবদল করা হয়। সাইট্রিক এসিড সাইকেল ও অন্যান্য প্রতিক্রিয়ায় পাইরোভিক এসিড পানির সাথে ক্রিয়া করে কার্বন ডাইওক্সাইড ও ১০টি এটমে রূপান্তরিত হয়। এগুলো শেষ পর্যন্ত আবার ট্রান্সপোর্ট করে নিয়ে যাওয়া হয় মাইটোকন্ড্রিয়ানের ক্রিস্টা এলাকায়। সেখানে পৌঁছার পর ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনে এগুলো প্রদান করা হয়।

উক্ত ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনে ১০টি হাইড্রোজেন এটমের প্রতিটি ইলেকট্রন ও প্রটন আলাদা করা হয়। ১০টি মুক্ত ইলেকট্রন চেইনের মাধ্যমে পাঠানো হয় যাদের কিছুটা শেষ পর্যন্ত প্রটন ও অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিত হয়ে পানিতে রূপান্তর হয়। তবে এই ট্রান্সপোর্টের সময়ই সৃষ্টি হয় এনার্জি।

ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনের মাধ্যমে অক্সিজেন এটমের নিকট যাওয়ার সময় এনার্জি রিলিজ হয়। এই এনার্জি সংরক্ষণ করে ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইনের বিভিন্ন সহায়ক অংশ। এক অংশ থেকে অপর অংশে ইলেকট্রন চলার সময় অংশ মেট্রিক্স থেকে প্রটন পাম্প করে বাইরের কম্পার্টমেন্টে নিয়ে আসে। এসব প্রটন একমাত্র একটি পথ ছাড়া মেট্রিক্সে ফিরে যেতে অন্য কোন রাস্তা পায় না। এই খোলা পথটির মধ্যে মেমব্রেনে যুক্ত আছে এনজাইম এটিপিএইজ (ATPase)। সুতরাং প্রটন যখন এই রাস্তা দিয়ে মেট্রিক্সে ফিরে চলে তখন উক্ত এটিপিএইজ একটি ফসফেইট গ্রুপ মেট্রিক্সের একটি মলিকিউলে যুক্ত করে। এই গ্রুপের নাম

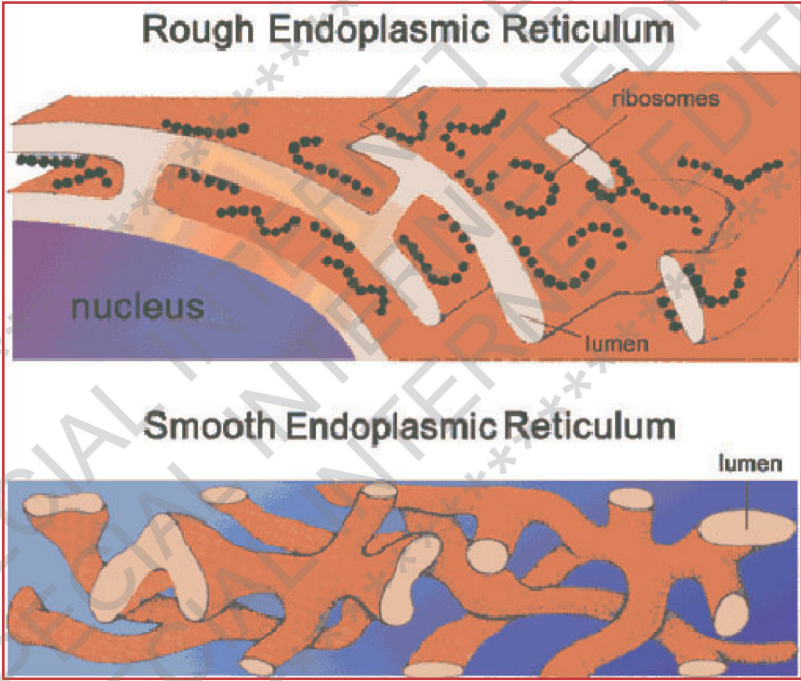
এডেনোসাইন ডায়ফসফেইট (adenosine diphosphate - ADP)। আর ফসফেইট গ্রুপে এই যুক্তির ফলে তৈরী হয় এডিপি (ADP)।

উপরে সংক্ষিপ্তাকারে বর্ণিত এরোবিক রেসপিরেশন ক্রিয়া সর্বদাই কোষের ভেতর ঘটে থাকে। মাইটোকন্ড্রিয়ান প্রতি মিনিটে এই ক্রিয়ার মাধ্যমে হাজার হাজার এটিপি মলিকিউল উৎপাদন করে। উৎপাদিত এটিপি কোষের সাইটোপ্লাজমে ট্রান্সপোর্ট করার পর এটি দ্বারা কোষের যাবতীয় এনার্জি-সংক্রান্ত ক্রিয়াকলাপ সংঘটিত হয়। ব্যবহৃত এটিপি সঙ্গে সঙ্গে এডিপি মলিকিউলে রূপান্তর হওয়ার পর এটাকে মাইটোকন্ড্রিয়ানে আবার নিয়ে যেয়ে নতুন এটিপি উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। এই রিসাইকেল প্রসেস চলতে থাকে কোষের মৃত্যুর পূর্ব পর্যন্ত।

মাইটোকন্ড্রিয়ানের উপর সাম্প্রতিক চিত্তাকর্ষক গবেষণা

আগেই বলেছি মাইটোকন্ড্রিয়ানের মৌলিক মলিকিউল হলো ডিএনএ। এই মলিকিউলই এরোবিক রেসপিরেশনের জন্য এনজাইম উৎপাদন করে। তবে এটি নার্ভাস সিস্টেমের জন্য গুরুত্বপূর্ণ প্রোটিনের কোডসহ রক্ত সঞ্চালন ক্রিয়া এবং অন্যান্য দৈহিক ক্রিয়ার কোডও সংরক্ষণ করে। কয়েকটি সচরাচর জেনেটিক রোগ যেমন ডায়াবেটিস মেলিটাস (diabetes mellitus), বধিরতা, হৃদরোগ, আলজাইমার্স ডিজিজ (Alzheimer's disease), পার্কিনসন ডিজিজ (Parkinson's disease), আংশিক বা সম্পূর্ণ অন্ধত্ব ইত্যাদি মাইটোকন্ড্রিয়ানের ডিএনএ মলিকিউলে মিউটেশন (mutation) হেতু হয়ে থাকে বলে প্রমাণ মিলেছে। সুতরাং ইদানিং মাইটোকন্ড্রিয়ান মেডিসিন নামক একটি অপেক্ষাকৃত নতুন মেডিকেল বিশেষজ্ঞ ফিল্ড তৈরী হয়েছে যার মূল উদ্দেশ্য হলো উক্ত ডিএনএ মিউটেশন জেনেটিক রোগের জন্য কতটুকু দায়ী তা তলিয়ে দেখা।

৬. ও ৭. অমসৃণ ও মসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম

সংক্ষেপে ইআর (ER), এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম হলো টিউব বা চোঙ্গার নেটওয়ার্ক যার মাধ্যমে কোষের বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন বস্তু উৎপাদন, প্রসেস ও ট্রান্সপোর্ট করা হয়। সম্পূর্ণ সাইটোপ্লাজমে এই নেটওয়ার্ক বিস্তৃত। ইআর দু' ধরনের: অমসৃণ ও মসৃণ।

রাফ ইআরকে সংক্ষেপে আরইআর (RER) বলে। এদের বহির্ভাগে (outer surface) অসংখ্য ক্ষুদ্রকায় কাঠামো আছে যাদের নাম হলো রিবোজাম (ribosome)। এসব রিবোজামে প্রোটিন উৎপাদিত হয়। প্রোটিন সিনথেসিস ক্রিয়া সম্পাদনের পর এগুলো আরইআর এর ভেতরে নিয়ে যাওয়া হয়। কারণ কোন কোনটি আরো সংস্কারের প্রয়োজন দাঁড়ায়। এখানে আসার পর এনজাইম

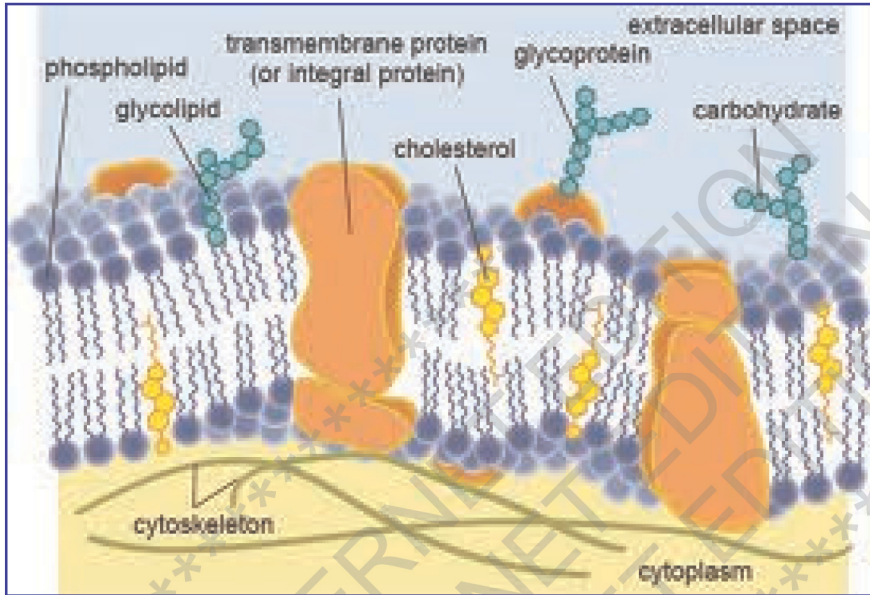
ভাঁজ হয় ও তাদের ত্রিমাত্রিক আকার ধারণ করে। আরইআর প্রোটিনকে কোষের যেসব স্থানে এগুলোর প্রয়োজন সেখানে নিয়ে যাওয়ার কাজটিও আঞ্জাম দেয়। এছাড়া গল্গি এপারেটাসেও নিয়ে যাওয়ার কাজ সারে। সেখান থেকে হয়তো এগুলো কোষ থেকে রপ্তানি করাও হতে পারে। কারণ অমসৃণ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম রপ্তানিযোগ্য প্রোটিন উৎপাদনের জন্য বিশেষভাবে ডিজাইন করা হয়েছে। দৃষ্টান্তস্বরূপ সাদা রক্তকোষে অসংখ্য আরইআর বিদ্যমান। এর কারণ হলো এই কোষ দেহের রোগ-প্রতিরোধ সিস্টেমের গুরুত্বপূর্ণ মলিকিউল এ্যান্টিবডি (antibody) তৈরী করে।

অপরদিকে মসৃণ ইআর (SER)-এ কোন রিবোজাম নেই। সুতরাং এগুলো দেখতে অনেকটা মসৃণ। এটা কোষের মেমব্রেনের বিল্ডিং ব্লক্স লিপিড (lipid) মলিকিউল সিনথেসাইজ করে। এই মলিকিউল দ্বারা কোষের অভ্যন্তরস্থ অন্যান্য মেমব্রেন যেমন মাইটোকন্ড্রিয়ানের মেমব্রেনও নির্মিত হয়। এমইআর কার্বহাইড্রেটও উৎপাদন করে, এগুলো ও লিপিড মলিকিউল স্টোর করা, এলকাহল (alcohol) এবং মাদকদ্রব্য যেমন মরফিন (morphine) ও ফিনোবারবিটেল (phenobarbital) ইত্যাদিকে বিষক্রিয়ামুক্ত করার কাজও সম্পাদন করে। লিপিড মলিকিউলযুক্ত ও কার্বহাইড্রেট পরিপাকসংক্রান্ত কোষগুলোতে স্মুথ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম খুব বেশী পাওয়া যায়। এসব কোষের দৃষ্টান্ত হলো আমাদের মস্তিষ্ক ও পেশী কোষ। এছাড়া বিষমুক্তকরণ (detoxification) ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত কোষে এমইআর বেশী থাকে। কোন কোন কোষের কিছু বিশেষ ক্রিয়া সম্পাদনে কেলসিয়াম আদান-প্রদানে এমইআর ভূমিকা রাখে। যেমন হাড্ডির সঙ্গে জড়িত পেশী কোষে কেলসিয়াম যোগান দিয়ে পেশী নড়াচড়া ক্রিয়া শুরু করা।

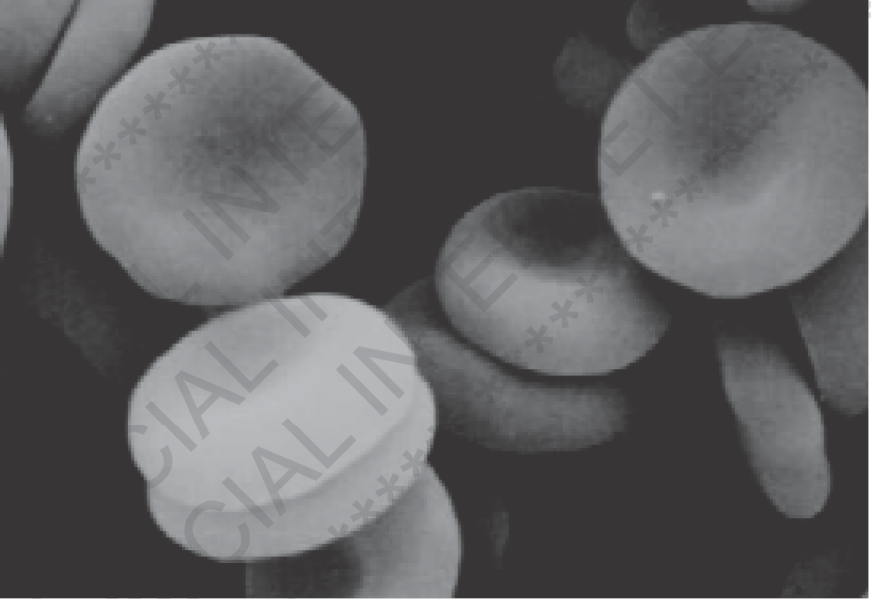
৮. প্লাজমা মেমব্রেন (plasma membrane)

প্রত্যেকটি জ্যান্ত কোষের চতুর্দিকে বেষ্টিত থাকে পাতলা একটি পর্দা। এর ফলে কোষটি তার পারিপার্শ্বিকতায় একক বৈশিষ্ট্য ও পরিচিতি বহন করে বেঁচে থাকে। এই পর্দাটির নামই হলো প্লাজমা মেমব্রেন (plasma membrane)। প্লাজমা মেমব্রেন কোষের আইডেন্টিটি বজায় রাখা ছাড়াও এটা একে ক্ষতিকর বস্তু থেকে মুক্ত রাখে ও প্রাণীর সার্বিক ফাংশনে সক্রিয় ভূমিকা পালন করে প্রয়োজনীয় যাতায়াত ব্যবস্থা নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে। প্লাজমা মেমব্রেন সত্যিই পাতলা। আমরা যদি ১ লক্ষ ৩০ হাজার মেমব্রেন একটার উপর আরেকটা একত্রে রাখি তবুও এর উচ্চতা ১ মিমি থেকে বেশী হবে না। এরপরও এটা তুলনামূলকভাবে খুব শক্ত।

গঠনপ্রণালী ও ফাংশন

সকল ইউকারিওটিক কোষ প্লাজমা মেমব্রেন দ্বারা পরিবেষ্টিত থাকে। উপরের চিত্রে এর গঠনপ্রণালী দেখানো হয়েছে। এতে আছে দু'টি আলাদা ফসফোলিপিড মলিকিউলবিশিষ্ট (phospholipid molecule) স্তর। এর মধ্যে আরো আছে কলেস্টরেল ও প্রোটিন মলিকিউল। ফসফোলিপিডে আছে পানি-ভালোবাসে এমন একটি মাথা ও পানি-ঘৃণাকারী দু'টি লেজ। মেমব্রেনে দু'টি ফসফোলিপিড স্তর একে অন্যের মুখোমুখি অবস্থায় থাকে। তাদের মাথা বাইরের দিকে ও লেজ ভেতরের দিকে স্থাপিত। পানি-ভালোবাসার মাথাগুলো মেমব্রেনের সাইটোপ্লাজমে নোঙ্গর করে রাখে। কারণ পুরো সাইটোপ্লাজমের অধিকাংশ বস্তু পানি। এছাড়া মেমব্রেনের অভ্যন্তরেও পানি থাকে তাই সেদিকেও ফসফোলিপিডের মাথা রাখা হয়েছে। অপরদিকে ভেতরের দিকে স্থাপিত পানি-ঘৃণাকারী লেজের কাজ হলো বড়ো পানিতে গলে (ধিঃবৎ-ংড়ষঁনষব) এমন মলিকিউলগুলোকে মেমব্রেনের ভেতরে প্রবেশ করা থেকে বিরত রাখা। তবে মেদে গলে (ভধঃ-ংড়ষঁনষব) এমন মলিকিউলকে এই লেজ প্রবেশ হতে বাঁধা দেয় না। সুতরাং ঘুমের বড়ি, অজ্ঞান করার ঔষধ ইত্যাদি সহজভাবে মেমব্রেনের ভেতরে যেতে পারে।

প্লাজমা মেমব্রেনে যুক্ত প্রোটিনগুলো বিভিন্ন কাজে নিয়োজিত থাকে। এর মধ্যে পানিতে গলে এমন বড়ো মলিকিউল যেমন সুগার ও কিছু আমিনো এসিড ট্রান্সপোর্ট করা এখানে উল্লেখযোগ্য। কার্বহাইড্রেটে বন্ডকৃত প্রোটিন গ্লাইকোপ্রোটিন (glycoprotein) কোন্ প্রাণীর কোষ তা নির্ণিত করে। এই সনাক্তকরণ জরুরী- এর ফলে ইমিউন সিস্টেম (immune system) বিদেশী কোষ নির্ণয় করতে সক্ষম হয় ও প্রয়োজনে ধ্বংস করে দেয়। যেমন রোগ জীবাণুতে আছে গ্লাইকোপ্রোটিন কিন্তু এগুলো কেমিক্যালী ভিন্ন। মেমব্রেনে স্থাপিত প্রোটিন ও এই রোগী প্রোটিনের মধ্যে পার্থক্য রোগ-প্রতিরোধ কাঠামো সনাক্ত করে প্রয়োজনীয় একশন ট্রিগার করে। গ্লাইকোপ্রোটিনই দেহে ট্রান্সপ্লান্ট করা অরগ্যান ও টিস্যু গ্রহণ কিংবা পরিত্যাগ করার জন্য দায়ী।

প্লাজমা মেমব্রেনে স্থাপিত কলেস্টরেল (cholesterol) মলিকিউলগুলো উভয় ফসফোলিপিড স্তরের মধ্যে চলাচলে ব্যালান্স সৃষ্টি করে এগুলোকে স্থিতিশীল রাখে। এর মূল কারণ হলো উভয় স্তর মূলত অনেকটা পিচ্ছিল। কলেস্টরেল মলিকিউল না থাকলে এই পিচ্ছিলতা হেতু স্তর দু'টো আলাদা হয়ে যেতো। তবে

কিছুটা চলাচলেরও প্রয়োজন আছে তাই সঠিক পরিমাণ কলেস্টরেল থাকা কোষের জন্য জরুরী। অতিরিক্ত হলে স্তরের চলাচল সম্পূর্ণরূপে শক্ত হয়ে পড়বে- যা মেমব্রেনের কার্যাদি সম্পাদনে বাধার সৃষ্টি করবে। এছাড়া কলেস্টরেল ঠাণ্ডার সময় এক কোষের জন্য এক ধরনের **'এ্যান্টিফ্রিজ'** হিসাবে কাজ করে। কলেস্টরেলের এই গুণের কারণে তাপমাত্রা খুব কম হলেও দেহের কোষের মেমব্রেন জেলির মতো হয়ে যায় না। শুধু জীব-জন্তু নয় বৃক্ষ ও ছত্রাকের কোষের মেমব্রেনেও অনুরূপ মলিকিউল আছে। এগুলো মেমব্রেনের চলাচলে সঠিক ব্যালান্স তৈরী করে। প্লাজমা মেমব্রেন একটি ডাইনামিক কাঠামো- অর্থাৎ এটি সর্বদাই রদবদল হয়। কারণ কোষকে তার যাবতীয় কার্যাদি সঠিকভাবে পালন করতে যেয়ে বৃদ্ধি, ভাগ ও চলাচল করতে হবে।

লাল রক্তকোষঃ সকল জ্যান্ত কোষ একটি পাতলা থলের ভেতর থাকে যার নাম হলো প্লাজমা মেমব্রেন। উপরের ছবিতে লাল রক্তকোষ দেখা যাচ্ছে। এসব কোষের মাধ্যমেই মানবদেহের অন্যান্য সকল কোষের মধ্যে অক্সিজেন বহন করা হয়। এই কোষের বিশেষ আকার ও প্লাজমা মেমব্রেনের নম্যতা বা ফ্লেক্সিবিলিটি দেহের ক্ষুদ্রতম উপশিরার ভেতরেও অনায়াসে প্রবেশ হতে কোন বাঁধার সৃষ্টি করে না।

মেমব্রেনের মধ্যে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ফাঁক থাকায় ছোট্ট মলিকিউল যেমন অক্সিজেন সহজে কোষের ভেতরে ও বাইরে যাতায়াত করতে ও গলে যেতে সক্ষম হয়। কোষ সর্বদাই অক্সিজেন ব্যবহার করে শেষ করে দেয়। তাই প্রয়োজনে রক্তকোষ দ্বারা বহনকৃত ও ডেলিভারী করা অক্সিজেন মলিকিউল সহজে যাতে কোষের ভেতর আসতে পারে তা নিশ্চিত করতে হবে। আগেই বলেছি কোষের ভেতর অবিরাম এরোবিক রেসপিরেশন ক্রিয়া সংঘটিত হয়। এটা সম্ভব হতো না যদি মেমব্রেনের মধ্য দিয়ে অতি সহজে অক্সিজেন যাতায়াত ব্যবস্থা নিশ্চিত না থাকতো। আর এরোবিক রেসপিরেশনের মাধ্যমে কোষের মধ্যে প্রয়োজনীয় এনার্জি যোগান দেওয়া হয় যাতে সে তার নির্দিষ্ট সকল কার্যাদি চালিয়ে যেতে সক্ষম হয়।

বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীদের কোষে প্লাজমা মেমব্রেন পর্দা আন্তঃকোষ যোগাযোগ রক্ষার্থে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। মেমব্রেনে যুক্ত প্রোটিন প্রাপক তন্ত্র (receptor) হিসাবে কাজ করে। হরমোন (hormone) ও অন্যান্য কেমিক্যাল সিগনালকে এটি সনাক্ত করে। এরপর প্রয়োজনীয় ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সম্পাদনে কোষের মধ্যস্থ অন্যান্য অরগানেল ও মলিকিউলকে সক্রিয় করে তোলে।

ডায়াটম: বৃক্ষ, ছত্রাক, জীবাণু ও অধিকাংশ শেওলায় প্লাজমা মেমব্রেনের চতুর্দিকে একটি শক্তিশালী কাঠামো থাকে যাকে কোষের দেওয়াল বলা যায়। উপরের ছবিতে ডায়াটম নামক কোষ দেখাচ্ছে। এসব এককোষবিশিষ্ট শেওলায় সিলিকা ও গ্লাসের তৈরী শক্ত কোষ দেওয়াল থাকে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কোষ বিভক্তি

পৃথিবীর যাবতীয় প্রাণীর মৌলিক বৈশিষ্ট্যের মধ্যে একটি হলো বৃদ্ধি বা বেড়ে ওঠা। আর আমরা এ পর্যন্ত যা বলেছি তা থেকে এটা সুস্পষ্টভাবে প্রমাণিত হয়েছে যে, প্রাণীদের বিল্ডিং ব্লক্স মূলত একাধিক ক্ষুদ্র ইউটিনের মাধ্যমে ঘটিত জীবন্ত একেকটি ফাংশন্যাল বস্তু যার নাম হলো কোষ। অসংখ্য কোষ ও তাদের একক এবং যুক্ত ফাংশনের উপর নির্ভরশীল সকল প্রাণীর অস্তিত্ব। বৃদ্ধির একমাত্র পথ হলো কোষের মাত্রা বাড়া। যে উপায়ে এই বাড়া নিশ্চিত হয় তাকে বলে কোষ বিভক্তি (cell division)। তবে সকল কোষ বিভক্ত হওয়ার প্রয়োজন দাঁড়ায় না। অল্প কিছু কোষ পাওয়া যায় যারা বিভক্ত হয় না।

অধিকাংশ কোষ জীবন্ত থাকাবস্থায় একাধিকবার বিভক্ত হওয়ার পর মারা যায়। বৃদ্ধি নিশ্চিতকরণ ছাড়াও পুনর্জনন, ক্ষতিগ্রস্ত হওয়া কোষ মেরামত কিংবা প্রতিস্থাপনের জন্য এই বিভক্তি একান্ত জরুরী। কোষ মূলত দু'টি উপায়ে বিভক্ত হয়ে থাকে তবে, অপর আরেকটি পদ্ধতি আছে যা অল্প ক্ষেত্রে সংঘটিত হয়। মূল দু'টি পদ্ধতি হলোঃ মাইটোসিস (mitosis) ও মাইওসিস (meiosis)। তৃতীয় পদ্ধতিকে বলে বাইনারি ফিশন (binary fission)। আমরা প্রথম ও দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে কোষের পরিচিতি, অভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন উপ-অংশ এবং বিভক্তির প্রস্তুতির উপর বিস্তারিত আলোচনা করেছি। এখন উপরোক্ত তিনটি বিভক্তি পদ্ধতি নিয়ে আলোচনায় মনোযোগ দেওয়ার প্রয়াস পাচ্ছি।

ইউনিট ৩.১. মাইটোসিস ক্রিয়ার গুরুত্ব

মোটামুটি সকল কোষের সাধারণ ফাংশন নিশ্চিতকরণে বিভক্তি একটি অত্যাবশ্যক ক্রিয়া। মাইটোসিস নামক বিভক্তির মাধ্যমে কোষের নিউক্লিয়াস এক থেকে দু'টিতে পরিণত হয় এরপর পুরো কোষ ভাগ হয়ে যায়। এতে শুরুতে কোষের মধ্যে যা কিছু ছিলো তার প্রতিটি বস্তুসহ সবদিক থেকে জমজ (identical) দু'টি নতুন কোষ সৃষ্টি হয়। বৃদ্ধি, যৌনক্রিয়া ছাড়া পুনর্জনন (অর্থাৎ ডিম্বকোষ ও শুক্রকোষ ছাড়া) ও ক্ষতিগ্রস্ত কোষ মেরামত এবং প্রতিস্থাপনের ক্ষেত্রে মাইটোসিসের বিকল্প নেই। সকল বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণী, বৃক্ষরাজি, ছত্রাক এবং জীবাণু যাদের জীবন একটি মাত্র কোষের মাধ্যমে শুরু হয়েছিল, মাইটোসিস কোষ বিভক্তির মাধ্যমে জটিল ও পরিণত প্রাণীতে রূপান্তর হয়। এক কোষের এসব প্রাণী শেষ পর্যন্ত কোটি কোটি কোষবিশিষ্ট জ্যান্ত একটি প্রাণীতে পরিণত হয়। এখানেই শেষ নয়, প্রাণী পুরো জীবনব্যাপী বেঁচে থাকার ক্ষেত্রেও কোষ বিভক্তি জরুরী। মোটকথা জন্ম থেকে মৃত্যু পর্যন্ত অস্তিত্বশীল সকল বহুকোষবিশিষ্ট এবং এক কোষবিশিষ্ট প্রাণী মাইটোসিস ক্রিয়ার মাধ্যমে কোষ বিভক্তির উপর নির্ভরশীল।

একজন পূর্ণবয়স্ক ব্যক্তির দেহের ভেতর প্রতি সেকেন্ডে অন্তত ২৫ মিলিয়ন (২ কোটি ২৫ লক্ষ) সংখ্যক মাইটোসিস কোষ বিভক্তি হয়ে থাকে। বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণী যেমন সাগরের তারামৎস, ছত্রাক এবং সাগরতলের কিছু গাছ যৌনক্রিয়াহীন পুনর্জননের জন্য একমাত্র মাইটোসিসের উপর নির্ভরশীল। আর অধিকাংশ একক কোষবিশিষ্ট প্রাণীদের পুনর্জনন একমাত্র মাইটোসিস ক্রিয়ার মাধ্যমে সম্ভব হয়।

কোষ জীবনের বিভিন্ন পর্যায়

আমরা জানি নিউক্লিয়াস আছে এমন কোষকে বলে ইউকারিওটিট সেল (eukaryotic cell)। এসব কোষের জীবন মূলত তিনটি আলাদা পর্যায়ে ভাগ করা যায়ঃ ইন্টারফেইজ (interphase), মাইটোসিস (mitosis) এবং সাইটোকিনিসিস (cytokinesis)। নিম্নে বর্ণিত এই তিনটি পর্যায় সঠিকভাবে অনুধাবন হলেই এসব শব্দের অর্থ পাঠকদের নিকট স্পষ্ট হবে।

১. ইন্টারফেইজ

প্রথম এই পর্যায়কে আমরা তিনটি উপ-পর্যায়ে বিভক্ত করবোঃ g1, S এবং g2। g1 পর্যায়ে নতুনভাবে সৃষ্ট একটি কোষের ভেতরে বৃদ্ধি নিশ্চিতকরণে বিভিন্ন বস্তু উৎপাদিত হয়- অর্থাৎ এটা বিভক্তির জন্য জরুরী বস্তু সিনথেসিসের প্রাথমিক পর্যায়। S পর্যায়ে নিউক্লিয়াসের ডিএনএ মলিকিউল ভাগ হয়। এই উভয় পর্যায়ের উপর ইতোমধ্যে আমরা বিস্তারিত বর্ণনা করেছি।

S উপ-পর্যায় সম্পন্ন হওয়ার পর কোষটি আরেকটি ক্ষণস্থায়ী উপ-পর্যায়ে পদার্পণ করে যাকে বলা হয় g2 পর্যায়। এই পর্যায়টি সত্যিই স্পেশাল। একটি উৎপাদন কারখানায় নতুন প্রোডাকশনে ফাইনেল পর্যায়ে যাওয়ার পূর্বে যেভাবে সবকিছু ঠিকঠাক আছে কি না পুনরায় পরীক্ষা করে দেখা হয়- ঠিক এভাবে কোষের মধ্যস্থ কিছু বিশেষ এনজাইম মলিকিউল ইতোমধ্যে ভাগকৃত পুরো সেলের যাবতীয় কোড বহনকারী মলিকিউল ডিএনএ ও পরবর্তী পর্যায়ের সঙ্গে সম্পর্কিত প্রোটিনে কোনো ধরনের ভুল-ত্রুটি আছে কি না তা পরীক্ষা করে নেয়। শুধু পরীক্ষা নয় প্রয়োজনীয় মেরামত কার্যও এই এনজাইম সম্পাদন করে।

২. মাইটোসিস

উপরে এবং আগের পরিচ্ছেদসমূহে আমরা মাইটোসিস নামক আসল ক্রিয়াটি সংঘটনের সকল পূর্ব-প্রস্তুতি নিয়ে আলোচনা ও বিস্তারিত তথ্যাদি তুলে ধরেছি। এখন কোষ ভাগের এই গুরুত্বপূর্ণ কাজটি মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় কিভাবে সম্পাদিত হয় তার পূর্ণ ব্যাখ্যা বর্ণিত হবে।

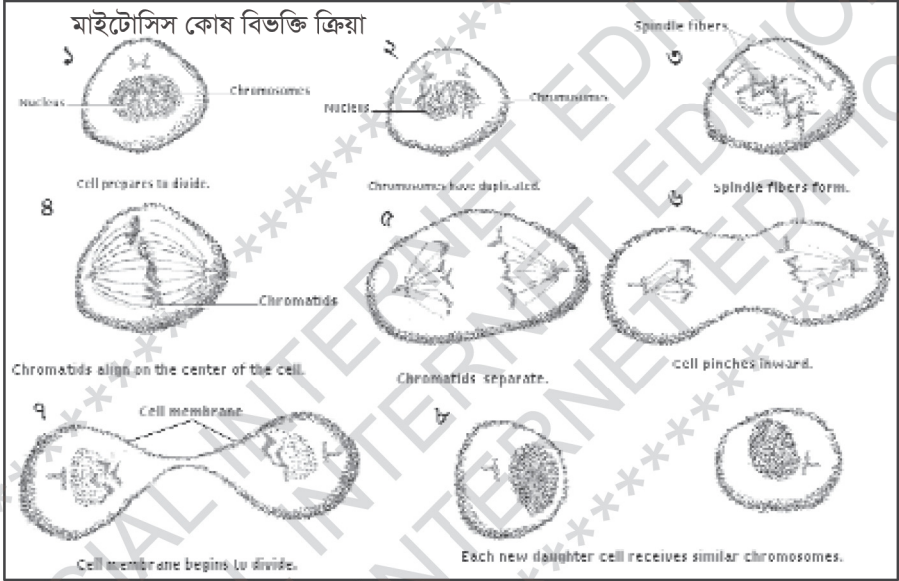
চারটি আলাদা পদক্ষেপে এই ক্রিয়াটি সংঘটিত হয়। এর প্রথমটির নাম প্রফেইজ (prophase)। এই স্টেজে হুবহু নকলকৃত ডিএনএ দড়ি ধীরে ধীরে বক্র আকার ধারণ করে প্রোটিন মলিকিউলের চতুর্দিকে জড়িত হয়। আর প্রোটিনও নিজে বক্র হয়ে প্যাঁচিয়ে দু'টি বেঁটে রডের আকার ধারণ করে। এই রড সদৃশ বস্তুকে বলে ক্রমেটিড (chromatid)। এটি মূলত ভাগ হওয়ার জন্য প্রস্তুত দু'টি ক্রমোজাম। এর প্রত্যেকটিতে অবস্থান করে হুবহু নকলকৃত ডিএনএ ও প্রোটিন মলিকিউল। কিন্তু তখনও এটি দু'ভাগে বিভক্ত হয় নি। উভয় অংশকে কিছু ফাইবার ধরে রাখে। যে এলাকায় এই ধরে রাখার কাজ ক্রিয়া করে সেটিকে বলে সেন্ট্রোমিয়ার (centromere)- অর্থাৎ মধ্য এলাকা। এরপর দু'টি অনুরূপ কাঠামো যাদের অবস্থান নিউক্লিয়াসের একদিকে থাকে, একটা আরেকটা থেকে দূরে সরে ধীরে ধীরে কোষের দুই বিপরীত প্রান্তে যেয়ে পৌঁছে। এই অংশ দু'টোর নাম হলো সেন্ট্রিওল (centriole)। এটি দেখতে রডের মতো এবং একটা আরেকটা থেকে সমকোণে অবস্থান করে। এগুলো থেকে সৃষ্ট দণ্ড (ংঢ়রহফষব) টেনে কোষকে দুই ভাগে বিভক্ত করে। দূরে সরে পড়ার সময় এসব সেন্ট্রিওল থেকে বেরিয়ে আসে পাতলা, ফাঁপা প্রোটিন যাদের নাম হলো মাইক্রটিউবিউল (microtubule)। এরূপ নামকরণের কারণ হলো যে প্রোটিন দ্বারা এগুলো সৃষ্ট তার নাম টিউবুলিন (tubulin)। এরপর এই মাইক্রটিউবিউলগুলো নড়েচড়ে ফুটবলের আকার ধারণ করে। এগুলো কোষকে ঘুরিয়ে দেয়- এতে কোষের সর্বাপেক্ষা প্রশস্ত অংশ মাঝখানে আসে এবং সরু অংশ দুই বিপরীত মেরুতে যেয়ে পৌঁছে। মাইক্রটিউবিউল কিন্তু তখন তার আকার পরিবর্তন ক্রিয়া অব্যাহত রাখে এবং ক্রমে দীর্ঘকায় দণ্ডের মতো হয়। এসময় কোষের নিউক্লিয়াসের মেমব্রেন ভেঙ্গে

ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র স্থলীতে রূপান্তর হয়- এগুলোকে বলে ভিসাইকোল (vesicle)। এই ভিসাইকোলগুলো সাইটোপ্লাজমে ছড়িয়ে পড়ে। এই মেমব্রেন ভেঙ্গে পড়ার দ্বারাই পরবর্তী পর্যায়ের সূচনা নিশ্চিত হয়।

মাইটোসিসের দ্বিতীয় পর্যায়কে বলে মেটাফেইজ (metaphase)। এ সময় সেন্ট্রোমিয়ারের নিকটে ক্রমাটিডে যুক্ত দণ্ড-ফাইবার টানাটানি করে কোষের বিষুবরেখার প্লেইনে (অর্থাৎ কোষের উভয় মেরুর মাঝখানে) যেয়ে লাইন ধরে। দুজন মানুষ যেভাবে একে অন্যের বিপরীতমুখী হয়ে দাঁড়ায় ঠিক তদ্রূপ ক্রমাটিড কোষের একটি মেরুর দিকে মুখ করে থাকে এবং তার সাথে তখনও যুক্ত জমজ অপর ক্রমাটিড ঠিক একইভাবে বিপরীত মেরুর দিকে মুখ করে অবস্থান নেয়। পরবর্তী পর্যায়ে পদার্পণের পূর্বে তখনও যুক্ত ক্রমাটিড দু'টোর এই সঠিক অবস্থানে গিয়ে দাঁড়ানো গুরুত্বপূর্ণ।

তৃতীয় পর্যায়ের নাম এ্যানাফেইজ (anaphase)। এই পর্যায়ের শুরুতে সেন্ট্রোমিয়ার বা যে এলাকায় উভয় ক্রমোজাম এখনও যুক্ত আছে তা আলাদা হয়ে যায়। এর ফলে জমজ উভয় ক্রমোজাম এককভাবে অস্তিত্বশীল হয়ে পড়ে। এবার এই আলাদা ক্রমোজামদ্বয়ের একটি কোষের উত্তর ও অপরটি দিক্ষণ মেরুর দিকে চলে যেতে থাকে। উত্তর ও দক্ষিণ মেরু বলার কারণ দু'টিকে বুঝানো উদ্দেশ্য মাত্র। বাস্তবে কোষ উত্তর বা দক্ষিণ দিকে বিশেষভাবে থাকার কারণ নেই। যে কোন মুহূর্তে যে কোন দিকে অবস্থান নিতে পারে। উভয় মেরুর প্রান্তে ক্রমোজামদ্বয় পৌঁছার পরই মাইটোসিস ক্রিয়ার চতুর্থতম এবং শেষ পর্যায়ের কাজ শুরু হয়।

চতুর্থ এই পর্যায়কে বলে টেলোফেইজ (telophase)। উভয় মেরুর নিকটে জড়োত সকল ক্রমোজামের চতুর্দিকে আলাদা নিউক্লিয়ার মেমব্রেন তৈরী হতে থাকে। একই সময় দণ্ড ফাইবারগুলো ভেঙ্গে পড়ে ও দুই মেরুর নিকটস্থ নতুন ক্রমোজাম গ্রুপ নিজ নিজ মেমব্রেনের ভেতরে প্যাঁচানো অবস্থা থেকে খুলে যেতে শুরু করে। এ সময় অণুবিক্ষণযন্ত্রের মাধ্যমে পর্যবেক্ষণ করলে মনে হয় যেনো ক্রমোজামগুলো অদৃশ্য হয়ে পড়ছে। আসলে এগুলো অস্তিত্বহীন হয়নি, ক্রমেটিড অবস্থার মধ্যে এগুলো এতোই বেশী খুলে পড়ে যে প্রতিটি ডিএনএ দড়ি আর

অণুবিক্ষণ যন্ত্রের মাধ্যমে দৃশ্যমান হয় না। তবে আরো শক্তিশালী যন্ত্র যেমন ইলেকট্রন মাইক্রস্কোপের (বষবপঃৎড়হ সরপৎড়ংপড়ঢ়ব) মাধ্যমে এদেরকে দেখা যায় ঠিকই। এ পর্যায় শেষ হয়ে যাওয়ার পর বলা যায়, মাইটোসিস নামক ক্রিয়ার সমাপ্তি ঘটেছে। তবে স্বয়ং কোষ এখনও দু'টিতে পরিণত হয় নি। কোষের নিউক্লিয়াস বিভক্তি হওয়াকেই মাইটোসিস ক্রিয়া বুঝায়।

৩. সাইটোকিনিসিস

কোষের সর্বশেষ জীবনচক্রের নাম হলো সাইটোকিনিসিস (cytokinesis)। কোন সময় সাইটোকিনিসিস ক্রিয়া শুরু হবে তা নির্ভর করে কোষের ধরনের উপর। উপরে বর্ণিত এ্যানাফেইজে এটা শুরু হয়ে টেলোফেইজে এসে শেষ হয়ে যেতে পারে। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই পর্যায়ের শুরু হয় টেলোফেইজের শেষ মুহূর্ত থেকে। তবে এই ক্রিয়ার মাধ্যমেই সম্পূর্ণ কোষ বিভক্ত হয়ে পড়ে। তার সাইটোপ্লাজম ভেঙ্গে দুই অংশে পরিণত হয়- আর এদের প্রতিটিই সবদিক থেকে সম্পূর্ণ অভিন্ন পূর্বের কোষের মতো নতুন কোষ। অর্থাৎ এই শেষ ক্রিয়ার মাধ্যমে

একটি কোষ ভেঙ্গে দু'টি নতুন কোষের জন্ম নেয়। বৃক্ষরাজির কোষ ও মানুষসহ যাবতীয় পশু-পক্ষীর কোষের সাইটোকিনিসিস ক্রিয়ার মধ্যে সামান্য পার্থক্য বিদ্যমান।

পশুর ক্ষেত্রে কোষের মেমব্রেন মধ্যখানে ভেতরের দিকে ছোট্ট হতে হতে এক পর্যায়ে ছিড়ে দুই অংশে বিভক্ত হয়ে যায়। ক্রিয়ার শেষে কিন্তু উভয় কোষের মেমব্রেন অক্ষত থাকে। বৃক্ষরাজির কোষের দেওয়াল (অর্থাৎ মেমব্রেন) অনেকটা শক্ত। সেল্যুলুজ (cellulose) এবং অন্যান্য বিশেষ বস্তু দ্বারা এসব দেওয়াল গঠিত। বিভক্তির পূর্বে পিতা-কোষ এগুলো উৎপাদন করে মাঝের একটি রেখায় আগে থেকেই জড়িত করে রাখে। বিভক্তির সময় এসব বস্তু দারা উভয় কোষের দেওয়াল (যেখানে আলাদা হবে) তৈরী করা হয়। এরপর আলাদা হয়ে যায়।

আমরা উপরে সফল কোষ বিভক্তির বিভিন্ন পর্যায় বর্ণনা করেছি। এতে আছে ডিএনএ হুবহু নকলকরণ, মাইটোসিসের মাধ্যমে ক্রমোজামগুলোকে উভয় দিকে সঠিকভাবে সাজানো, এ্যানাফেইজের সময় এই ক্রমোজাম গ্রুপ দু'টিকে সফলভাবে আলাদা করে এক জোড়া অভিন্ন ক্রমাটিড তৈরী এবং সর্বশেষ সাইটোকিনিসিস পর্যায়ে এসে কোষ বিভক্ত হয়ে একটি থেকে অভিন্ন দু'টি আলাদা কোষে পরিণত হওয়া। এভাবে একটি কোষ দু'টিতে রূপান্তরের পর কোষের জীবন সাইকেল পুনরায় শুরু হবে। অর্থাৎ নতুন কোষগুলো আবার ইন্টারফেইজ পর্যায়ে পদার্পণ করে কোষ বিভক্তির ক্রিয়া শুরু করবে।

ইউনিট ৩.২. কোষ বিভক্তি নিয়ন্ত্রণ

বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীদের ক্ষেত্রে কোষ ভাগ হওয়া যেমন জরুরী, তা নিয়ন্ত্রণও সমপরিমাণ গুরুত্বপূর্ণ। অর্থাৎ কোষ বিভক্তি যেখানে যে পরিমাণ দরকার তা হতে হবে। অতিরিক্ত কিংবা কম হলে বিরাট সমস্যা দাঁড়াবে। প্রাণীদের বৃদ্ধি সঠিকভাবে কো-অরডিনেট করা জরুরী- তাই বিশেষ কোষের বিভক্তি বিশেষ আইন-কানুনের মাধ্যমে নিয়ন্ত্রিত হওয়া চাই।

বিভিন্ন কারণে কোষের মৃত্যু প্রায়শঃই ঘটে থাকে। হয় তা স্বাভাবিক কিংবা দুর্ঘটনাবশত হতে পারে। তবে উভয় ক্ষেত্রে সঠিক নিয়মতান্ত্রিক পদ্ধতি অবলম্বনে মৃত কোষ প্রতিস্থাপন করতে হবে। এছাড়া যেসব কোষ দুর্ঘটনাবশত কিংবা অন্য কোনভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়ে পুরোদমে কিংবা আংশিকভাবে অকেজো হয়ে পড়ে, ওগুলো সম্ভব হলে কিভাবে মেরামত করা যায় তারও একটা নিয়মতান্ত্রিক উপায়-উপকরণ ও পদ্ধতি থাকা দরকার। বৃদ্ধি ও মেরামত সম্পন্ন শেষে কোষ বিভক্তি অবশ্যই বন্ধ করতে হবে। এক কথায় কোষ বিভক্তি অনিয়ন্ত্রিত হলে বিরাট সমস্যা দাঁড়াবে। কয়েকটি ভিন্ন উপাদান এই নিয়ন্ত্রণ ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত থাকে। এর মধ্যে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ ও চিত্তাকর্ষক নিয়ন্ত্রণ ক্রিয়ার নাম হলো গ্রোথ ফেক্টর (growth factor)। এই ক্রিয়ার সঙ্গে কিছু মলিকিউল জড়িত থাকে।

গ্রোথ ফেক্টর নিয়ন্ত্রণ ক্রিয়া

কোষ বিভক্তির পরে কোন নিয়ন্ত্রণ ক্রিয়া শুরু হওয়া আদৌ তেমন ফলপ্রসু হবার নয়। গ্রোথ ফেক্টর ক্রিয়া তাই ইন্টারফেইজের g1 উপ-পর্যায়ের শেষের দিকে সর্বপ্রথম আত্মপ্রকাশ করে। কোষ g1 পর্যায় থেকে S পর্যায়ে উন্নীত হতে পারবে না, যদি ওসব গ্রোথ ফেক্টর মলিকিউল প্লাজমা মেমব্রেনে যুক্ত না হয়। কারণ এই বন্ডের ফলেই শুরু হয় একাধিক বায়োকেমিক্যাল প্রতিক্রিয়া যার ফলস্বরূপ কোষ ইন্টারফেইজের S উপ-পর্যায়ে বিভক্তি ক্রিয়া পদার্পণ করতে সক্ষম হয়। অর্থাৎ ঐ গ্রোথ ফেক্টর মলিকিউলগুলো যদি প্লাজমা মেমব্রেনে বন্ড হয়ে জড়িত না হয় তাহলে বুঝতে হবে কোষ বিভক্তি ক্রিয়া বন্ধ হয়ে গেছে। এ ক্ষেত্রে ইন্টারফেইজের উপ-পর্যায় g0 পর্যায়ে রূপান্তর হবে। এর অর্থ হলো এই বিশেষ কোষটি তার সাধারণ কোষক্রিয়া সম্পাদন করতে থাকবে। এটি আর বিভক্তির দিকে কোন সময় পদার্পণ করবে না। পূর্ণবয়স্ক মানবদেহের অধিকাংশ কোষ এরূপই। তাদের পুরো জীবন g0 স্টেজে কাটিয়ে দেয়। তবে কিছু কিছু কোষ আছে যারা কোন কারণে ক্ষতিগ্রস্তের কবলে পড়ে আংশিকভাবে অকেজো হয়ে যাওয়ার পরও বিভক্তির মাধ্যমে পুনরায় সবল ও কর্মক্ষম হতে পারে। এসব কোষের মধ্যে অস্থিকোষ, পেশীকোষ, যকৃৎ কোষ ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। জখম গ্রোথ ফেক্টরকে মুক্ত করে দেয়। সুতরাং এগুলো প্লাজমা মেমব্রেনে জড়িত হয়ে

কোষটিকে g0 স্টেজ থেকে পুনরায় S ফেইজের দিকে অগ্রসর হওয়ার সুযোগ সৃষ্টি করে দেয়।

আগেই বলেছি মাইটোসিস ক্রিয়ার মাধ্যমে বিভক্তির সময় কিছু বিশেষ এনজাইম সবকিছু সঠিকভাবে হচ্ছে কি না নিশ্চিত করে- এটাকে আমরা এসেম্বলী-লাইন কোয়ালিটি কন্ট্রোল ক্রিয়া বলতে পারি। g2 স্টেজ শেষে কিছু মলিকিউল ডিউটিতে নামে। এই ক্রিয়াকে বলে মাইটটিক প্রমোটিং ফেক্টর (mitotic promoting factor - MPF)। এই ক্রিয়ার মাধ্যমেই পরবর্তী প্রফেইজ শুরু হয়। কিছু এনজাইম (যদি তারা সবকিছু ঠিকঠাক আছে বলে সিদ্ধান্ত নেয়) ডিএনএ-কে ক্রমোজামে প্যাকেজ করে, কেন্দ্রের মেমব্রেনকে ভেঙ্গে ফেলে এবং দণ্ডগুলো সৃষ্টি করে। এখানেই শেষ নয় আরো কিছু জটিল গ্রোথ ফেক্টর মাইটোসিস ও সাইটোকিনিসিসের সকল পর্যায় উপ-পর্যায়ে সক্রিয় থেকে সঠিকভাবে কোষ বিভক্তির কাজ নিয়ন্ত্রণ করে।

কোষের মধ্যে অনেক গ্রোথ ফেক্টর আছে। বিজ্ঞানীরা এ পর্যন্ত অর্ধশতকের অধিক সংখ্যক গ্রোথ ফেক্টর চিহ্নিত করেছেন। কোষ ডিজাইনের ক্ষেত্রে নিয়ন্ত্রক হিসাবে এসব গ্রোথ ফেক্টর রাখা সত্যিই এক অত্যাশ্চর্য, চিত্তাকর্ষক ও দূরদর্শী কর্ম বলা যায়। এগুলো না থাকলে কোষগুলোতে এলোমেলো তথা অরাজকতা বিরাজ করতো- যা একটি প্রাণী বেঁচে থাকার জন্য সত্যিই অচিন্তনীয় হতো। অর্ধ শতাধিক গ্রোথ ফেক্টরের মধ্যে কিছু আছে বিশেষ কাজের জন্য টেইলার-মেইড। এগুলো কোন বিশেষ কোষের ক্ষেত্রে ক্রিয়া করে মাত্র। এরূপ একটি হলো স্নায়ু গ্রোথ ফেক্টর (nerve growth factor)। ভ্রূণের বেড়েওঠার সময় এটা কোষ বৃদ্ধির ক্রিয়া শুরু করে দেয় বটে কিন্তু অন্যান্য কোন কোষে সে কোন প্রতিক্রিয়া করে না। অন্যান্য গ্রোথ ফেক্টর বিভিন্ন ধরনের কোষের বিভক্তিকে নিয়ন্ত্রণ করতে পারে। এরূপ একটি হলো চর্মের বাইরের কোষের গ্রোথ ফেক্টর যাকে বিজ্ঞানের ভাষায় এপিডারমেল গ্রোথ ফেক্টর বলে (epidermal growth factor)। যেহেতু এ ক্ষেত্রে কোষ বিভক্তি সর্বদাই জরুরী তাই এই গ্রোথ ফেক্টর অনেক কোষে ক্রিয়া করতে জানে। আধুনিক যুগে এসেও আমরা এসব গ্রোথ ফেক্টর সম্পর্কে পূর্ণ জ্ঞানার্জন করতে সক্ষম হই নি। এখনও অধিকাংশ গ্রোথ ফেক্টরের কার্য-কলাপ সঠিকভাবে জানা যায় নি। তবে বিজ্ঞানীরা এই ফিল্ডে ব্যাপক

গবেষণা চালিয়ে যাচ্ছেন। এর একটি বিশেষ কারণ হলো এই গ্রোথ বা কোষ বিভক্তির সঙ্গেই দুরারোগ্য ক্যান্সার জড়িত। কোষের সাধারণ বিভক্তি সম্পর্কে ব্যাপক জ্ঞান ইতোমধ্যে অর্জিত হয়েছে তবে যেসব কোষ গ্রোথ ফেক্টরকে অভাররাইড করে কোষ বিভক্তি বন্ধ করা থেকে বিরত হয় না, তাদের সম্পর্কে পূর্ণ জ্ঞান ছাড়া ক্যান্সারকে নিয়ন্ত্রণ বা এর ১০০ পার্সেন্ট সফল চিকিৎসা সম্ভব নয়।

ইউনিট ৩.৩. মাইওসিস কোষ বিভক্তি ক্রিয়া

কোষ বিভক্তির দ্বিতীয় সচরাচর ক্রিয়াকে বলে মাইওসিস (meiosis)। এই ক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য হলো ক্রমোজামে সংরক্ষিত জেনেটিক তথ্যাদি মিশ্রণ করার পর যৌনকোষে বিভক্ত করা যাতে থাকে সচরাচর সংখ্যার অর্ধেক সংখ্যক ক্রমোজাম। এরপর এই যৌনকোষ অপর আরেকটির সঙ্গে মিলিত হয়ে পূর্ণ সংখ্যক ক্রমোজামসহ নতুন প্রজন্ম সৃষ্টির কাজে লাগতে পারে। মাইওসিস প্রক্রিয়ার কোন নির্দিষ্ট আইন ছাড়াই এলোমেলোভাবে নেওয়া ক্রমোজাম এটাই নিশ্চিত করে যে, সৃষ্ট নতুন প্রজন্মের মধ্যে একটি একক বৈশিষ্ট্যপূর্ণ জেনেটিক তথ্যাদি সংরক্ষণ হয়।

মাইটোসিস ও মাইওসিস কোষ বিভক্তি ক্রিয়ার মধ্যে মৌলিক যে পার্থক্য বিদ্যমান তাহলো, দ্বিতীয়টির ক্ষেত্রে দু'টি ক্রমবিভক্তি সংঘটিত হয়। প্রথমটির বেলায় বিভক্তি ক্রিয়া একবারই হয়ে থাকে। এছাড়া মাইটোসিস ক্রিয়ার মতো মাইওসিসে দ্বিতীয় মাইওটিক বিভক্তির সময় ক্রমোজাম কপি হয় না। মাইটোসিস ক্রিয়ায়

দু'টি হুবহু আইডেন্টিক্যাল কন্যা কোষের সৃষ্টি হয়, কিন্তু মাইওসিস ক্রিয়ায় সকল ক্রমোজাম মিশ্রণের ফলে সৃষ্ট কন্যা কোষদ্বয়ের মধ্যে ভিন্ন একক ক্রমোজাম গ্রুপ থাকে। অন্য কথায় সৃষ্ট কন্যা কোষদ্বয় জেনেটিক্যালী সম্পূর্ণ ভিন্ন ও একক বৈশিষ্ট্যশীল হয়। আর এটা যৌন কোষের ক্ষেত্রে একান্ত জরুরী। এরূপ না হলে আমরা সবাই আইডেন্টিক্যাল জমজ হয়ে যেতাম।

মাইওসিস ক্রিয়াকে বুঝানোর জন্য আমরা ভুট্টার কোষ নিয়ে ভাবতে পারি। এই বৃক্ষের সাধারণ কোষে মোট ১০ জোড়া ক্রমোজাম আছে। সুতরাং ভুট্টা কোষের ডিপ্লোইড সংখ্যা (diploid number) বা মোট ক্রমোজামের সংখ্যা হলো ২০। সুতরাং ডিপ্লোইড ভুট্টা কোষকে পুনর্জননের জন্য মাইওসিস ক্রিয়ার মাধ্যমে সাধারণ কোষের অর্ধেক ক্রমোজামসম্পন্ন কোষ তৈরী করতেই হবে। অর্থাৎ হাপ্লোইড সংখ্যা (haploid number) পরিমাণ ক্রমোজাম থাকা চাই। এই হাপ্লোইড ভুট্টা কোষ কিভাবে তৈরী হয় তা একটু তলিয়ে দেখা যাক।

মাইওসিস পর্যায়ে যাওয়ার পূর্বে ভুট্টার কোষ ইন্টারফেইজ পর্যায় অতিক্রান্ত করে। এই পর্যায়ে কোষের ভেতর বিভক্তি প্রস্তুতি সম্পন্ন হয়। কারণ কোষ বৃদ্ধির জন্য- অর্থাৎ একটা থেকে দু'টোয় পরিণত হতে হলে সকল বস্তু সিনথেসিস বা উৎপাদন প্রয়োজন। এই স্টেজে কোষের যাবতীয় জেনেটিক তথ্যাদি অর্থাৎ ডিএনএ মলিকিউলে সংরক্ষিত তথ্যাদি কপি করা হয়। আর মাইওসিস কোষ বিভক্তির সময় যে দু'টি কোষ বিভক্তি একটার পর আরেকটি সংঘটিত হয় তাতে চারটি করে পর্যায় অতিক্রম হতে হবেঃ প্রফেইজ (prophase), মেটাফেইজ (metaphase), এ্যানাফেইজ (anaphase) এবং টেলোফেইজ (telophase)। আমরা এখানে দু'টি কোষ বিভক্তির ফেইজগুলোর নামের সঙ্গে ১ ও ২ সংখ্যা জড়িত করে বুঝিয়ে দেবো এটা উক্ত দু'টি কোষ বিভক্তির কোনটির সঙ্গে সম্পৃক্ত। সুতরাং যদি বলা হয় প্রফেইজ-১ তাহলে বুঝতে হবে প্রথম কোষ বিভক্তির চার পর্যায়ের প্রথমটির কথা বলা হচ্ছে। আর যদি বলা হয় প্রফেইজ-২ তাহলে দ্বিতীয় কোষ বিভক্তির সঙ্গে সম্পৃক্ত বলে চিহ্নিত হলো।

প্রফেইজ-১ এর সময় দীর্ঘকায় ডিএনএ মলিকিউলকে প্রোটিনের চতুর্দিকে প্যাঁচানো হয়। এরপর এই প্রোটিনও প্যাঁচিয়ে কয়েলে পরিণত হয়ে আয়তনে

ছোট্ট হয়ে যায় এবং ক্রমোজাম তৈরী করে। যেহেতু ইন্টারফেইজ তথা প্রস্তুতি পর্বে ডিএনএ কপি হয়েছিল তাই প্রতিটি ক্রমোজাম কনডেন্স হয়ে দু'টি যুক্ত আইডেন্টিক্যাল ক্রমাটিডে রূপান্তরিত হয়। যে স্থানে যুক্ত থাকে একে বলে সেন্ট্রোমিয়ার। এই ফেইজের এটুকু পর্যন্ত ক্রিয়ার বর্ণনা আগেই আমরা মাইটোসিস নিয়ে আলোচনাকালে তুলে ধরেছি। এ পর্যায়ে উক্ত ভুট্টা কোষে মোট ক্রমোজামের সংখ্যা হলো ২০। এদের প্রত্যেকটিতে আছে দু'টি করে আইডেন্টিক্যাল ক্রমাটিড। সুতরাং মোট ক্রমাটিডের সংখ্যা দাঁড়ালো ৪০টি।

এখন, আমরা জানি ক্রমোজাম জোড়ায় জোড়ায় অস্তিত্বশীল থাকে। এই জোড়ার একটি আসে মায়ের নিকট থেকে আর অপরটি আসে পিতার কাছ থেকে। অর্থাৎ একটি মাতৃক (maternal) এবং অপরটি পৈত্রিক (parental)। ক্রমোজাম কপির সময় দু'টি মাতৃক ও দু'টি পৈত্রিক ক্রমোজাম সৃষ্ট হয়। এই দু'টি ক্রমোজাম জোড়া চার সংখ্যাবিশিষ্ট গ্রুপে পরিণত হয়। এই গ্রুপের নাম টেট্রাড (tetrad)। প্রতিটি ভুট্টা কোষে আছে ১০টি টেট্রাড। টেট্রাড গ্রুপ থাকাবস্থায় মাতৃক জোড়া অংশের ক্রমাটিডগুলো বিনা বাধায় পৈত্রিক গ্রুপ অংশের ক্রমাটিড জোড়াগুলোর সঙ্গে মিশে যেতে কিংবা ক্রস-অভার করতে পারে। এই ক্রিয়াকে বলে জেনেটিক রিকম্বিনেশন (genetic recombination)। এই ক্রিয়া হলো মাইওসিস প্রক্রিয়ায় জেনেটিক তথ্যাদি মিশ্রণের প্রথম পদ্ধতি। এটা সংঘটিত হয় যৌনক্রিয়ার মাধ্যমে পুনর্জননের সময়।

প্রফেইজ-১ এর সময়ই আরেক ক্রিয়া ঘটে। দু'টি কাঠামো যাদের নাম হলো সেন্ট্রিওল (centriole), উভয়টি নিউক্লিয়াসের দুই প্রান্তে অবস্থান করে। এই সময় আলাদা হয়ে কোষের বিপরীত প্রান্তে যেয়ে পৌঁছে। সেন্ট্রিওলগুলো আলাদা হওয়ার সময় বিকিরণ করে পাতলা ফাঁপা দণ্ড-দড়ি যাদের নাম হলো স্পিন্ডল ফাইবার (spindle fiber)। এরপর নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে স্থাপিত মেমব্রেন ভেঙ্গে যায়। এর ফলে পরবর্তী পর্যায়ের সূচনা ঘটে।

এই পর্যায় হলো মেটাফেইজ-১। এসময় দণ্ড-দড়ি সেন্ট্রিওলের নিকটে স্থাপিত ক্রমেটিডগুলোর সঙ্গে যুক্ত হয়। এরপর ঐ দণ্ড-দড়ি টেট্রাডগুলোকে উভয় সেন্ট্রিওলের মধ্যখানে নিয়ে লাইন করে রাখে।

এ্যানাফেইজ-১ এর শুরু হয় যখন উক্ত স্পিন্ডল ফাইবার (দণ্ড-দড়ি) টেট্রাডগুলোকে টেনে আলাদা করে দেয়। অর্থাৎ মাতৃক ও পৈত্রিক ক্রমোজামগুলোকে কোষের বিপরীত প্রান্তদেশের দিকে নিয়ে যায়। এভাবে প্রথম মাইওটিক বিভক্তি পরবর্তী শেষ পর্যায় তথা টেলোফেইজ-১ এর মাধ্যমে সমাপ্ত হয়। টেলোফেইজ-১ শুরু হলে পরে নতুন দু'টি ক্রমোজাম গ্রুপ কোষের বিপরীত প্রান্তদেশে পৌঁছে। উভয় গ্রুপের চতুর্দিকে নতুন নিউক্লিয়ার মেমব্রেন সৃষ্টি হওয়ার পর কোষ বিভক্ত হয়ে দু'টি কন্যা কোষের জন্ম দেয়।

এখন এই বিভক্ত উভয় ভুট্টা কোষে আছে ১০টি করে ক্রমোজাম যারা মূলত মাতৃক ও পৈত্রিক ক্রমোজামের এলোমেলোভাবে মিশ্রণ থেকে নেওয়া। এই মিশ্রণ ছিলো জেনেটিক রিকম্বিনেশন (genetic recombination) ক্রিয়া। তবে মিশ্রণ ক্রিয়া আবার করা হয়- যাকে বলে ইন্ডিপেন্ডেন্ট এসোর্টমেন্ট (independent assortment)। সুতরাং উভয় মিশ্রণ ক্রিয়ার ফলাফল হলো নতুন প্রজন্ম যদি একই মাতা-পিতা থেকেই হয় তারপরও তারা সবাই একে অন্য থেকে ভিন্ন হবে।

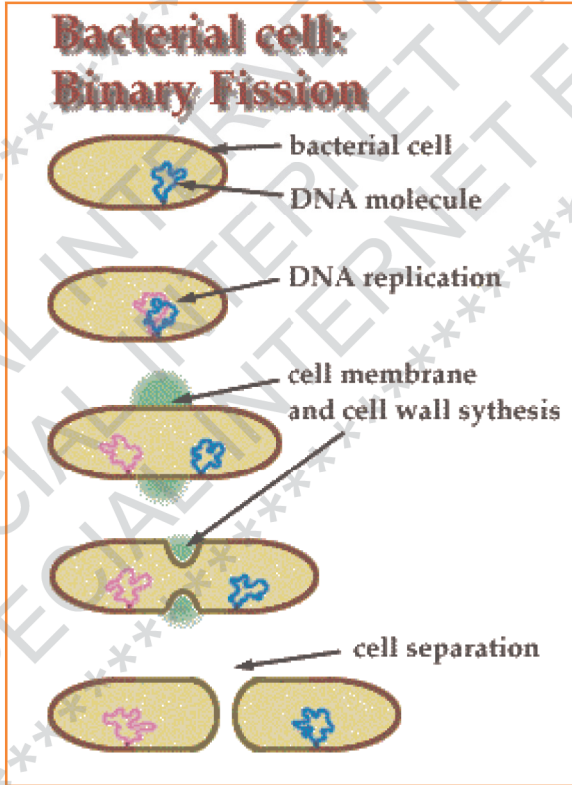
দ্বিতীয় মাইওটিক কোষ বিভক্তির সময় একটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যাপার ঘটে- আর তাহলো, ইন্টারফেইজ পর্যায়কে সম্পূর্ণ উপেক্ষা করা। সুতরাং ডিএনএ রেপপ্লিকেশন (কপি করার) ক্রিয়া সংঘটিত হয় না। এই প্রক্রিয়া সরাসরি প্রফেইজ-২ থেকে শুরু হয়ে যায়। আমাদের দৃষ্টান্তে বর্ণিত প্রতিটি ভুট্টা কোষ এই দ্বিতীয় মাইওসিস বিভক্তি শুরু করে উভয় কোষের মধ্যে ১০টি করে ক্রমোজাম নিয়ে। এবারও সেন্ট্রিওল যখন কোষের বিপরীত প্রান্তদেশের দিকে চলে যায় তখন স্পিন্ডল ফাইবার (দণ্ড-দড়ি) বিকিরণ করে। এরপর মেটাফেইজ-২ শুরু হয়।

মেটাফেইজ-২ এর সময় আগের মতোই সকল ক্রমোজাম কোষের কেন্দ্রীয় প্লেইনে এসে লাইন ধরে। এরপর এ্যানাফেইজ-২ এর সময় ক্রমোজাম জোড়া আলাদা হয়ে যায়। এর প্রতিটি গ্রুপ তখন কোষের দুই বিপরীত প্রান্তদেশে গিয়ে পৌঁছে। এখন মাইওসিস ক্রিয়ার সর্বশেষ ফেইজ শুরু হয়।

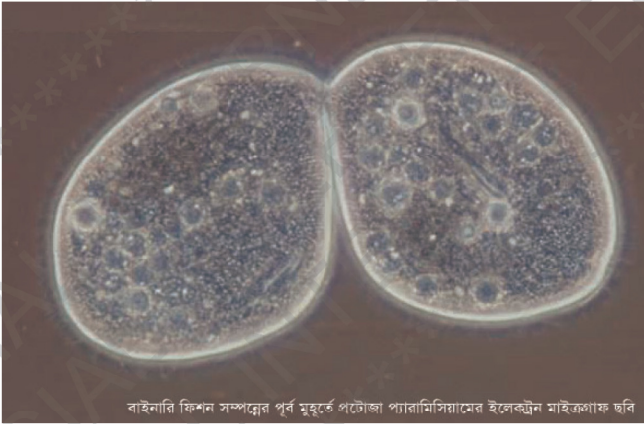
সর্বশেষ এই ফেইজ হলো টেলোফেইজ-২। এই ফেইজের মাধ্যমেই মাইওসিস কোষ বিভক্তির কাজ সম্পন্ন হয়। এসময় স্পিন্ডল ফাইবারগুলো অস্তিত্বহীন হয়ে পড়ে এবং নতুন নিউক্লিয়াস মেমব্রেন দ্বারা প্রতিটি নতুন ক্রমোজাম গ্রুপ পরিবেষ্টিত হয়। এতে তৈরী হয় মোট চারটি হাপ্লোইড কোষ। সুতরাং ২০টি ক্রমোজামসম্পন্ন সে-ই মূল ভুট্টা কোষ মাইওসিস বিভক্তির মাধ্যমে চারটি কন্যা কোষের জন্ম দিলো যাদের প্রত্যেকটির মধ্যে আছে ১০টি করে ক্রমাটিড। এখন এই হাপ্লোইড যৌন কন্যা কোষের দু'টি ফার্টিলাইজেশনের সময় একত্রিত হওয়ার যোগ্যতাসম্পন্ন হয়ে গেছে। এ থেকে সৃষ্টি হতে পারে সচরাচর সাধারণ সঠিক সংখ্যাসহ ডিপ্লোইড ক্রমাটিডবিশিষ্ট একটি ডিম্বকোষ। মোটকথা ফিশন ও ডিএনএ রেপ্লিকেশন শেষে দু'টি হাপ্লোইড ভুট্টা কোষ একত্রে মিলে একটি ডিম্ব কোষের জন্ম দেবে যার মধ্যে থাকবে মোট ১০ জোড়া ক্রমোজাম।

মানুষের ক্ষেত্রে মাইওসিস ক্রিয়া ঘটে শুধুমাত্র প্রজনন অরগ্যানের মধ্যে। অর্থাৎ পুরুষের অণ্ডকোষের (testes) ভেতর এবং নারীদের ডিম্বাশয়ের (ovary) মধ্যে এই ক্রিয়া সংঘটিত হয়। পুরুষের ক্ষেত্রে প্রতিটি মাইওসিস বিভক্তির ফলে সৃষ্টি হয় চারটি করে একই সংখ্যাবিশিষ্ট হাপ্লোইড কোষ যারা শেষ পর্যন্ত পূর্ণ ক্রিয়াশীল বীর্যকোষে (sperm cell) রূপান্তর হয়। কিন্তু নারীদের মাইওসিস বিভক্তি অসম। এর ফলে সৃষ্টি হয় তিনটি ক্ষুদ্রকায় পোলার বডি (polar body) নামক কোষ এবং একটি বড়ো ডিম্বকোষ। এই ডিম্বকোষকে অবশ্য বীর্যকোষ দ্বারা ফলনশীল (fertilize) অর্থাৎ গর্ভবতী করা সম্ভব।

ইউনিট ৩.৪. বাইনারি ফিশন ক্রিয়া

যৌনক্রিয়াহীন পুনর্জনন প্রক্রিয়ার একটি পদ্ধতির নাম হলো বাইনারি ফিশন (binary fission)। এই প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কোষ বা দেহ দুই কিংবা ততোধিক অংশে বিভক্ত হয়ে যায়। আর এসব অংশের প্রতিটিই একেকটি আলাদা প্রাণী হিসাবে অস্তিত্বশীল হয়। এখানে বাইনারি অর্থ দুই-অংশ। বাইনারি ফিশন একই ধরনের দু'টি কোষ বিভক্তি ক্রিয়া হতে পারে কিংবা পুরো সাইটোপ্লাজমকে পুনর্বিন্যস্তকরণ এবং নতুন কোষ কাঠামো সৃষ্টির ক্রিয়াও হতে পারে।

সাধারণত একক কোষবিশিষ্ট প্রাণীদের ক্ষেত্রে অর্থাৎ নিউক্লিয়াসহীন একটি মাত্র কোষের তৈরী জীবীর মধ্যে ফিশন ক্রিয়া সংঘটিত হয়। এই ক্রিয়া বহুকোষবিশিষ্ট

প্রাণীদের বেলায় খুব অল্প মাত্রায় হয়ে থাকে। কারণ এই ক্রিয়ার মাধ্যমে সৃষ্ট প্রতিটি কন্যা কোষের কিছু বিশিষ্ট অংশকে পুনর্জনন প্রদান করা জরুরী বিধায়, এই পদ্ধতি বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীদের ক্ষেত্রে উপযোগী নয়। অতি ক্ষুদ্রকায় প্রাণীদের (microorganism) মধ্যে বাইনারি ফিশন দু'টি নির্দিষ্ট দিকে সংঘটিত হতে পারে। প্রাণীর কোষের এই দু'টি দিকের নাম হলো ট্রান্সভার্স (transverse- প্রাণীর প্রস্থের আড়াআড়ি) এবং লঙ্গিটিউডিন্যাল (longitudinal - প্রাণীর দৈর্ঘ্যের দিকে বা দ্রাঘিমাংশ-অনুসারী)। প্রথমটির দৃষ্টান্ত হলো জীবাণু শিকারী ক্ষুদ্র একক কোষবিশিষ্ট জলচর প্রাণী প্যারামিসিয়াম (paramicium) ও দ্বিতীয়টির দৃষ্টান্ত হলো অপর আরেক মিঠা পানিতে বসবাসকারী একক কোষবিশিষ্ট প্রাণী ইউগলিনা (euglena)। এই দ্বিতীয় লেজযুক্ত প্রাণী ফটোসিনথেসিসের মাধ্যমে তার খাদ্য তৈরী করে।

বাইনারি ফিশন সম্পন্নের পূর্ব মুহূর্তে প্রটোজা প্যারামিসিয়ামের ইলেকট্রন মাইক্রগ্রাফ ছবি

একাধিক ফিশন ক্রিয়ায় কয়েকটি বাইনারি ফিশন একটার পর আরেকটা সংঘটিত হতে পারে। স্পোরোজোয়ান (sporozoan) নামক একক কোষবিশিষ্ট পরজীবী (parasite) প্রাণী এভাবেই বিভক্ত হয়ে পুনর্জনন ক্রিয়া নিশ্চিত করে। এছাড়া আরেক ধরনের বাইনারি ফিশন আছে যার মাধ্যমে নিউক্লিয়াস বার বার বিভক্ত হয়ে পড়ে। এরপর সাইটোপ্লাজমও সমপরিমাণ বিভক্তির মাধ্যমে নতুন প্রজন্ম সৃষ্টির ক্রিয়া সম্পাদিত করে। এই প্রক্রিয়ায়ই প্রটোজন (protozoan) জাতীয় ম্যালেরিয়া রোগ জীবাণু নিজেকে বিভক্ত করে বংশ বৃদ্ধি নিশ্চিত করে। কিছু কিছু কেঁচো ও জোঁক আছে যারা কোন কোন সময় ফিশনের মাধ্যমে বংশ বৃদ্ধি করে থাকে।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

প্রাণী হিসাবে কোষ-জীবন

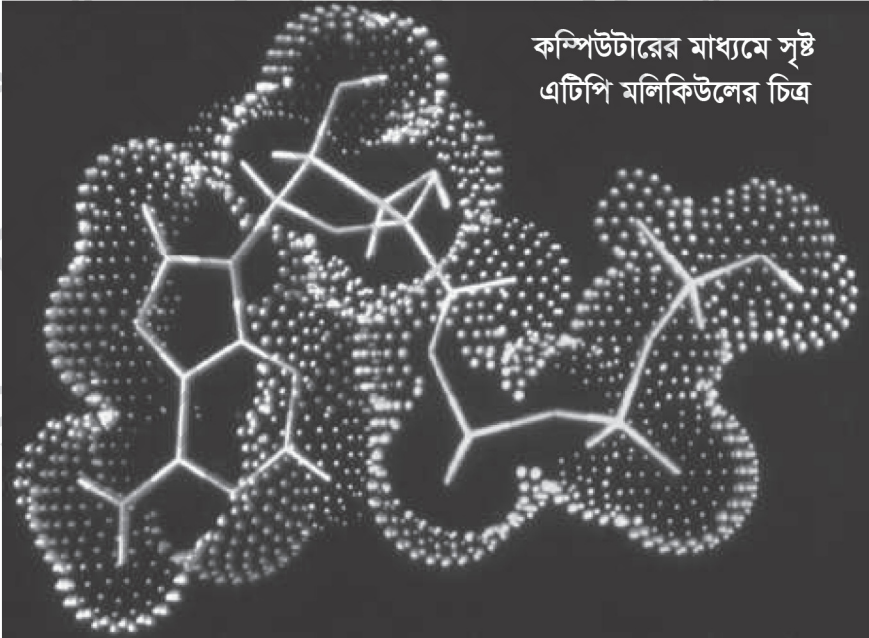
গ্রন্থের এই শেষ পরিচ্ছেদে আমরা ক্ষুদ্রতম প্রাণী হিসাবে কোষ-জীবনের অন্যান্য বিষয়াদির উপর সংক্ষিপ্ত কিছু আলোচনা করবো। কোষ সবদিক থেকে একটি পূর্ণাঙ্গ প্রাণী। সুতরাং প্রাণী হিসাবে তার নিজেকে বাঁচা ও অন্যান্য অনুরূপ কোষ-জীবনের সঙ্গে মিথস্ক্রিয়া এবং সর্বোপরি কোষ থাকা ও কোষের সমন্বয়ে গঠিত বৃহত্তর প্রাণী সৃষ্টির মৌলিক কারণ তথা তার ফাংশনসমূহ ইত্যাদি বেশ কিছু গুরুত্বপূর্ণ বিষয়ের উপর আদৌ ব্যাখ্যামূলক আলোচনা এখনও হয় নি। শিক্ষার্থীদের অনেকেই অত্র পরিচ্ছেদে বর্ণিত প্রায় সকল ব্যাপারেই মোটামুটি জ্ঞাত - এটা আমার জানা থাকার পরও সর্বাধিক সাম্প্রতিক অনেক আবিষ্কার, থিওরী ও গবেষণার কথা হয়তো জানা অনেকের না-ও থাকতে পারে। লেখক হিসাবে বিষয়ের উপর অতীতে যা জানতাম তার ঢের বেশী ব্যাপার-স্যাপার এই গ্রন্থে সন্নিবেশিত করতে হয়েছে বিভিন্ন নির্ভরযোগ্য সূত্র থেকে। এটা জরুরী ছিলো এ জন্য যে, বিজ্ঞানের সকল শাখার মতো বায়োলজিও একটা চিরপরিবর্তনশীল ডাইনামিক জ্ঞানান্বেষা- সুতরাং আপ-টু-ডেইট তথ্যাদি না থাকলে গ্রন্থ থেকে সত্যিকার অর্থে উপকার সীমিত হয়ে পড়বে।

এই পরিচ্ছেদে আমরা কোষ-জীবনের সঙ্গে সম্পৃক্ত বেশ কয়েকটি বিষয়ের উপর সংক্ষিপ্ত আলোচনা করবো। এসব বিষয়ের অধিকাংশের উপর প্রসঙ্গক্রমে কিছু তথ্য ইতোমধ্যে উল্লেখিত হলেও পূর্ণ ব্যাখ্যা আলাদাভাবে হয় নি- যা জরুরী বলে আমার বিশ্বাস। এখানে প্রথমে এই বিষয়গুলোর একটি তালিকা তুলে ধরছি। এরপর ধারাবাহিকভাবে আলাদা ইউনিটে এগুলোর বর্ণনা আসবে।

কোষ-জীবন সম্পর্কিত বিষয় তালিকা: ১. সেল্যুলার রেসপিরেশন (cellular respiration); ২. এনজাইম (enzyme); ৩. প্রোটিন সিনথেসিস (protein synthesis); ৪. নিউক্লিক এসিড (nucleic acid); ৫. কার্বোহাইড্রেট

(carbohydrate) ৬. লিপিড (lipid); ৭. একক কোষবিশিষ্ট প্রাণী (unicelluar organism) ৮. কোষ ফাংশন (বিচলন, পুষ্টি, এনার্জি); ৯. হিউম্যান জিনোম প্রজেক্ট (human genome project); ১০. জিন ও তার ফাংশন; ১১. জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং (genetic engineering); ১২. ক্লোনিং; ১৩. স্টেম সেল গবেষণা; ১৪. রক্তকোষ; এবং ১৫. উদ্ভিদ কোষ।

ইউনিট ৪.১. সেল্যুলার রেসপিরেশন

বাংলায় আমরা বলতে পারি '**কোষ শ্বাসক্রিয়া**'। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে আমরা যেভাবে অক্সিজেন দেহের ভেতর নিয়ে জীবনরক্ষা করি ঠিক তদ্রূপ কোষও জীবন বাঁচায়। আসলে আমাদের শ্বাসক্রিয়ার সঙ্গে কোষের শ্বাসক্রিয়ার সরাসরি সম্পর্কও বিদ্যমান। কোষ এই ক্রিয়ার মাধ্যমে প্রয়োজনীয় এনার্জি সৃষ্টি করে বেঁচে থাকা নিশ্চিত করে।

সেল্যুলার রেসপিরেশনের মাধ্যমে কোষ অক্সিজেন মলিকিউলকে কাজে লাগিয়ে সুগার গ্লুকোজ (suger glucose) ভেঙ্গে এর এনার্জি সংগ্রহ থেকে অপর একটি গুরুত্বপূর্ণ মলিকিউল বানিয়ে তা সংরক্ষণ করে রাখে। এই মলিকিউলের নাম এডেনোসাইন ট্রাইফোসফেইট (adenosine triphosphate - ATP)। আমরা চিনি ও এটিপি মলিকিউলের উপর বিস্তারিত তথ্য পরবর্তীতে তুলে ধরবো। সেল্যুলার রেসপিরেশন অধিকাংশ প্রাণীর জন্য বেঁচে থাকাও এ কারণে অবশ্যকরণীয় যে, কোষ গ্লুকোজ মলিকিউলের এনার্জি সরাসরি কাজে লাগাতে অপারগ- একমাত্র রাস্তা হলো আগে এটিকে এটিপি মলিকিউলে নিয়ে স্টোর করা। বৃদ্ধি, বিভক্তিসহ কোষের প্রায় সবগুলো ফাংশন ও ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার এনার্জি আসে এটিপি থেকে। সুতরাং সকল কোষ এবং পুরো প্রাণীর জীবন ও কর্ম সবকিছু এই ক্রিয়ার সঙ্গে অঙ্গাঙ্গিভাবে জড়িত- তাই প্রতি মুহূর্তে প্রাণীদের দেহে সেল্যুলার ক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে। যেই মুহূর্তে এই ক্রিয়া বন্ধ হবে কোষ এবং প্রাণীটি মৃত্যুর কোলে ঢলে পড়বে।

কোষ শ্বাসক্রিয়ার মূলে দু'টি বস্তু একান্ত জরুরী: অক্সিজেন ও গ্লুকোজ। শ্বাসক্রিয়ার সঙ্গে সম্পৃক্ত গ্লুকোজ মলিকিউল কোষের ভেতর বেশ কয়েকটি উপায়ে প্রবেশ করে। বৃক্ষরাজি, কিছু ছত্রাক ও জীবাণু নিজেই তাদের কোষের জন্য গ্লুকোজ উৎপাদন করে ফটোসিনথেসিস (photosynthesis) বা সালোকসংশ্লেষণ নামক প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে। আমরা আগের একটি পরিচ্ছেদে এই গুরুত্বপূর্ণ প্রতিক্রিয়ার উপর সংক্ষিপ্ত তথ্যাদি তুলে ধরেছি। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে বৃক্ষরাজি সূর্যের আলো থেকে এনার্জি সংগ্রহ করে কার্বন ডাইওক্সাইড পানিকে চিনিতে রূপান্তর করে। মানুষসহ জীব-জন্তু গ্লুকোজ সংগ্রহ করে বৃক্ষরাজি, ফল-ফ্রুট ও শাকসবজি ভক্ষণ করে। ছত্রাক (fungi) অধিকাংশ জীবাণু (bacteria) গ্লুকোজ সাপ্লাই নিশ্চিত করে বৃক্ষের টিস্যু ও প্রাণীদের মাংসকে পরিপাক করে। যেভাবেই হোক গ্লুকোজ সাপ্লাই প্রতিটি কোষের জন্য নিশ্চিত করতে হবে অন্যথায় কোষ তো মরবেই সেসাথে পুরো প্রাণীও আর বেঁচে থাকতে পারবে না।

কোষ শ্বাসক্রিয়ার মাধ্যমে এটিপি সৃষ্টিতে গ্লুকোজ মলিকিউলে সংরক্ষিত সম্পূর্ণ এনার্জি কিন্তু কাজে লাগে না। আনুমানিক ৪০ শতাংশ এনার্জি এ কাজে ব্যবহৃত

হয় এবং বাকীটা তাপ এনার্জি হিসাবে পরিবর্তিত হয়ে যায়। আর এই তাপ দ্বারাই উষ্ণ-রক্তের প্রাণীরা যেমন আমরা, দেহের তাপ সঠিক মাত্রায় রাখতে সক্ষম হই। তবে একই শ্বাসক্রিয়ার মাধ্যমে ওসব প্রাণীদের কোষেও এটিপি তৈরী হয় যাদের রক্ত উষ্ণ নয় বরং ঠাণ্ডা, যেমন সর্প। সে ক্ষেত্রে এই তাপ বিশেষ পদ্ধতিতে বায়ুমণ্ডলে ছেড়ে দেওয়া হয়।

আমাদের এই পৃথিবীতে এমনও স্থান আছে যেখানে প্রাণীজীবন থাকলেও অক্সিজেন সাপ্লাই নেই। এরূপ পারিপার্শ্বিকতাকে বলে এনএ্যারোবিক এনভারোনমেন্ট (anaerobic environment) বা অক্সিজেনমুক্ত পারিপার্শ্বিকতা। বাতাস থেকে কিংবা অন্য কোন উপায়ে সেখানকার প্রাণীরা অক্সিজেন পায় না- বিধায় এদের কোষ সেল্যুলার রেসপিরেশনের মাধ্যমে এটিপি মলিকিউল বানাতে অপারগ। এসব প্রাণী যাদের অধিকাংশই জীবাণু অন্য আরেক উপায়ে এটিপি বানাতে পারে যাকে বলে ফারমেন্টেশন (fermentation)।

রসায়নিক প্রতিক্রিয়া ও পরিপাকতান্ত্রিক রাস্তা

এই গ্রন্থের পাঠকরা বায়োলজির উপর বেশ উচ্চ পর্যায়ে ইতোমধ্যে অধ্যয়ন করে নিয়েছেন বলে ধরে নেওয়া হয়েছে। সুতরাং সেল্যুলার রেসপিরেশনকে বুঝার পূর্বশর্ত হিসাবে চিহ্নিত **'কেমিক্যাল রিয়েকশন'** কি জিনিস তা সবাই বুঝেন এটাই আশা। এরপরও স্মৃতি-জাগ্রত করার উদ্দেশ্যে অতি সংক্ষেপে এই প্রতিক্রিয়ার উপর কিছু তথ্য এখানে তুলে ধরা হলো।

কেমিক্যাল রিয়েকশন সচরাচর ঘটিত সেই প্রতিক্রিয়াকে বলে যার মাধ্যমে অণু কিংবা একাধিক অণুর সমন্বয়ে সৃষ্ট মলিকিউলে মৌলিক পরিবর্তন ঘটে। দৃষ্টান্ত হিসাবে প্রায়শই **'অক্সিডেশন'** (oxidation) নামক কেমিক্যাল রিয়েকশনের কথা বলা হয়। এই প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমেই আয়রন অক্সাইড (iron oxide - মরিচা) আত্মপ্রকাশ করে। আপনি যদি লৌহনির্মিত পুরাতন কোন বস্তুর প্রতি তাকান তাহলে এই আয়রন অক্সাইড দেখতে পাবেন। বাতাসে অবস্থিত অক্সিজেন গ্যাস ও লোহা প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে এই মরিচার সৃষ্টি করে। কেমিক্যাল চিহ্ন এবং

সমীকরণ দ্বারা কেমিক্যাল রিয়েকশন বুঝানো হয়। সুতরাং বেশী গভীরে না যেয়ে একটি বিশেষ সমীকরণের উপর কিছু তথ্য এখানে উল্লেখ করছি যার দ্বারা সমীকরণের ব্যবহারের গুরুত্ব স্পষ্ট হয়ে যাবে। মনে করুন আমরা কেমিক্যাল রিয়েকশনের মাধ্যমে প্রাকৃতিক গ্যাস তথা মিথেইনকে (ফরমুলা- CH_4) অক্সিজেনের মাধ্যমে (ফরমুলা - O_2) জ্বালিয়ে কার্বন ডাইওক্সাইড (ফরমুলা - CO_2) এবং পানিতে (ফরমুলা - H_2O) রূপান্তর করবো। যদি ধরে নিই এই রিয়েকশনে অন্য কোন পদার্থ জড়িত থাকবে না তখন আমরা এই পুরো রিয়েকশনকে একটি সমীকরণ দ্বারা এভাবে লিখতে পারি:

$$1\ CH_4 + 2\ O_2 \text{ দেবে } 1\ CO_2 + 2\ H_2O$$

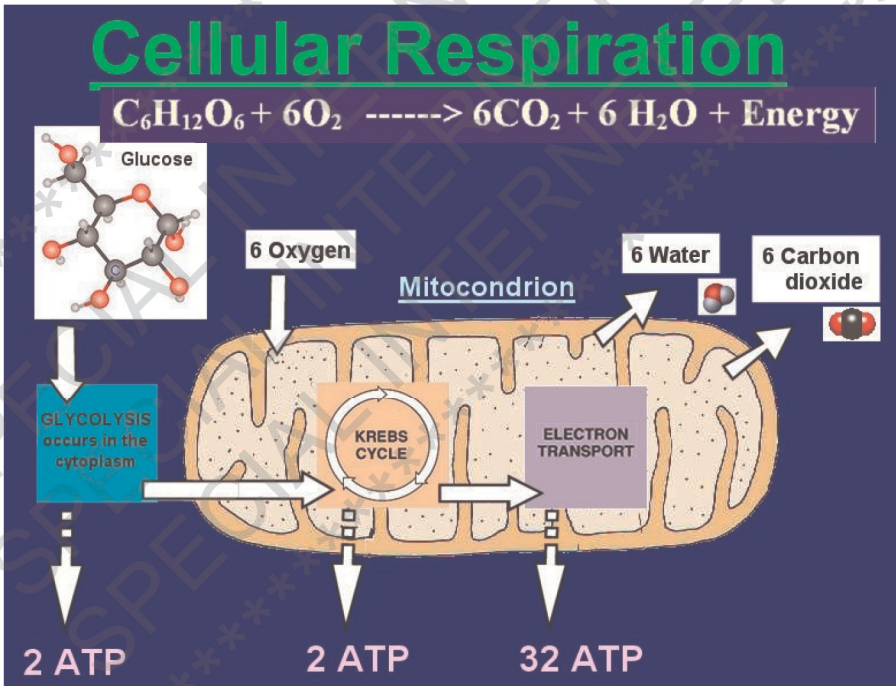
সাধারণত কেমিস্টরা উপরোক্ত সমীকরণকে কিছুটা পরিবর্তন করে লিখে থাকেন:

$$CH_4 + 2\ O_2 \dashrightarrow CO_2 + 2\ H_2O।$$

লক্ষ করুন এই সমীকরণের মাঝখানের তীরের উভয়দিকে একই পদার্থের সমপরিমাণ এটম বিদ্যমান। এটাকে বলে ব্যালান্স। সুতরাং রিয়েকশনের মাধ্যমে আমরা বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলোকে মলিকিউলে **‘পুনর্বিন্যাস’** (rearrange) করি মাত্র।

কেমিক্যাল রিয়েকশন প্রাণীদের দেহের ভেতর সংঘটিত হতে পারে। আর এই বিশেষ রিয়েকশনের নাম হলো বায়োকেমিক্যাল রিয়েকশন (biochemical reaction)। অধিকাংশ বায়োকেমিক্যাল রিয়েকশনের জন্য অতিরিক্ত কিছু সাহায্যের প্রয়োজন পড়ে। এই সাহায্য আসে এনজাইম নামক মলিকিউল থেকে। এগুলো বিশেষ রিয়েকশনের জন্য বিশেষভাবে ডিজাইন করা মলিকিউল। কোষের মধ্যে বায়োকেমিক্যাল রিয়েকশন দ্বারা তৈরী প্রয়োজনীয় কিছু মলিকিউল আছে- যেমন প্রোটিন কিংবা স্টার্চ। তবে এগুলো ধ্বংসের জন্যও রিয়েকশন ঘটে কারণ এদের কাজ আর তখন কোষের জন্য ফলপ্রসু নয়। একটিমাত্র রিয়েকশনের মাধ্যমে যদি কোন মলিকিউল তৈরী কিংবা ধ্বংস হওয়ার কাজ সম্পন্ন করা হয় তাহলে রিয়েকশন থেকে নির্গত হতে পারে অতিরিক্ত তাপ যা পুরো কোষকে

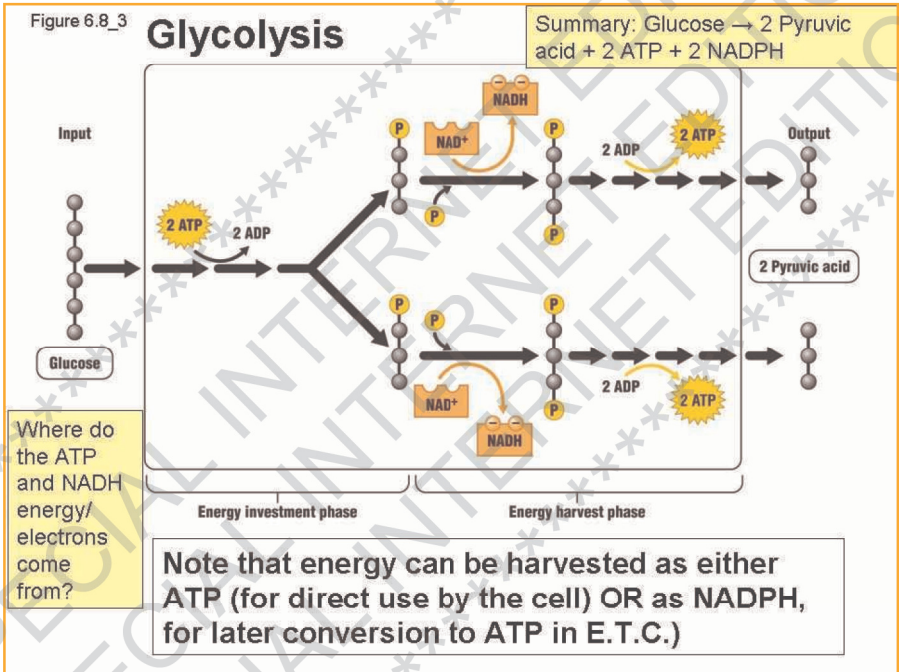
জ্বালিয়ে দিতেও পারে। সুতরাং কোষ জেনেশোনেই একাধিক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র রিয়েকশনের মাধ্যমে মলিকিউল তৈরী কিংবা ধ্বংসের কাজটি সারে। ফলে সে নিজেকে ধ্বংসের হাত থেকে রক্ষা করতে সক্ষম হয়। আর এই একটার পর আরেকটা সিরিজ সংযুক্ত রিয়েকশনকে বলে মেটাবোলিক পাথওয়ে (metabolic pathway - পরিপাকতান্ত্রিক রাস্তা)।

এনজাইম দ্বারা সাহায্যকৃত এই পরিপাকতান্ত্রিক রাস্তা সত্যিই কোষ শ্বাসক্রিয়ার একটি চিত্তাকর্ষক উপায়। এই স্টেপ-বাই-স্টেপ প্রসেস কোষকে তো অতিরিক্ত তাপের মাধ্যমে পুড়ে যাওয়া থেকে বাঁচায়ই- উপরন্তু এ উপায়ে প্রতিক্রিয়ার ফলেই কোষ গ্লূকোজের এনার্জিকে একটি সুনিয়ন্ত্রিত পদ্ধতিতে এটিপি মলিকিউলে রূপান্তর করে।

চারটি আলাদা স্তরে বা পর্যায়ে পুরো সেল্যুলার রেসপিরেশন প্রতিক্রিয়াকে ভাগ করা যায়ঃ গ্লাইকোলাইসিস (glycolysis); ট্রানজিশন স্টেজ (transition stage); ক্রেব্‌স সাইকেল (Krebs cycle) বা সাইট্রিক এসিড সাইকেল (citric acid cycle) এবং ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন (electron transport chain)। আমরা একে একে এই পর্যায়গুলোর ব্যাখ্যা এখন তুলে ধরবো।

১. গ্লাইকোলাইসিস

গ্লাইকোলাইসিসে গ্লুকোজ মলিকিউল ব্যবহৃত হয়- এটি কোষের সাইটোপ্লাজমে থাকে। গ্লুকোজ মলিকিউলে আছে ৬টি কার্বন এটম, ৬টি অক্সিজেন এটম এবং ৬টি হাইড্রোজেন এটম। প্রতিটি এটমের ঋণাত্মক ইলেকট্রন দ্বারা পুরো মলিকিউল বন্ড তৈরী করে। গ্লাইকোলাইসিস ক্রিয়ার সময় সবগুলো এটম ও ইলেকট্রন প্রতিক্রিয়া করে না- ৬টি হাইড্রোজেন এটম ও কিছু ইলেকট্রন এই ক্রিয়ার সঙ্গে সম্পৃক্ত থাকে মাত্র। সাইটোপ্লাজমে এনজাইম ও অন্যান্য এটম গ্লাইকোলাইসিস ক্রিয়ায় সাহায্য করে- ফলে গ্লুকোজ মলিকিউল ভেঙ্গে পড়ে। এনজাইম ক্যাটালিস্ট (অনুঘটক) হিসাবে কাজ করে। সে তার নিজস্ব মলিকিউল থেকে দু'টি ফসফেইট গ্রুপ গ্লুকোজ মলিকিউল যুক্ত করে দেয় এতে গ্লুকোজ অতিরিক্ত রিয়েকটিভ (প্রতিক্রিয়াশীলতা) গুণ অর্জন করে। উল্লেখ্য ফসফেইট গ্রুপ হলো চারটি অক্সিজেন এটম ও একটি ফসফেইট এটমের তৈরী ক্লাস্টার। দু'টি এরূপ গ্রুপের সংযুক্তির ফলে গ্লুকোজ মলিকিউল পরবর্তী আরেক এনজাইম দ্বারা ক্রিয়া সংঘটনের গুণ অর্জন করে। এই দ্বিতীয় এনজাইম এসে আগের এনজাইম দ্বারা দু'টি ফসফেইট গ্রুপযুক্ত পুরো গ্লুকোজ মলিকিউল ভেঙ্গে দুই ভাগে বিভক্ত করে ফেলে। ফলে উভয় অংশ তৈরী হয় তিনটি কার্বন এটম ও একটি ফসফেইট গ্রুপ দ্বারা।

এরপর এনজাইম আবার প্রতিক্রিয়া করে উভয় তিন-কার্বন মলিকিউলবিশিষ্ট অংশ থেকে একটি হাইড্রোজেন এটম ও দু'টি ইলেকট্রন সরিয়ে নেয়। সুতরাং উভয় হাইড্রোজেন এটমকে পরিবর্তন করে হাইড্রোজেন আয়োন তথা ধণাত্মক চার্জসম্পন্ন করা হলো। এবার একটি হাইড্রোজেন আয়োন ও দু'টি ইলেকট্রন

উভয় তিন-কার্বন মলিকিউল থেকে সংগ্রহ করে একটি ইউনিট হিসাবে বড়ো আরেকটি মলিকিউলের কাছে নিয়ে যাওয়া হয় যার নাম হলো নিকোটিনামাইড এডেনিন ডাইনিউক্লিওটাইড (হরপড়ঃরহধসরফব ধফবহরহব ফরহঁপষবড়ঃরফব - ঘঅউ+)। এতে সৃষ্টি হয় ঘঅউঐ ধরনের দু'টি মলিকিউল। এই উভয় মলিকিউলের মধ্যে সংরক্ষিত (বা স্টোর করা) হাইড্রোজেন আয়োন ও ইলেকট্রন দ্বারাই পরবর্তীতে অঞচ মলিকিউল তৈরী করা হয়।

গ্লাইকোলাইসিসের সর্বশেষ পর্যায়ে উভয় তিন-কার্বন কম্পাউন্ড থেকে দু'টি করে হাইড্রোজেন এটম সরিয়ে নেওয়া হয়। এগুলো সাইটোপ্লাজমে মুক্তভাবে ভাসমান অক্সিজেন এটমের সঙ্গে বন্ড তৈরী করে পানিতে রূপান্তর হয় (H_2O)। এই হাইড্রোজেন সরানোর মাধ্যমে পরববর্তী এনজাইম কর্তৃক ক্রিয়ার জন্য উভয় তিন-কার্বন কম্পাউন্ডকে প্রস্তুত করা হয়। এই এনজাইম এসে উভয় তিন-কার্বন কম্পাউন্ডে যুক্ত ফসফেইট গ্রুপটিকে সরিয়ে নেয়। আর এই প্রত্যেক ফসফেইট গ্রুপ বন্ড তৈরী করে সৃষ্টি করে একটি মলিকিউল যার নাম হলো এডেনোসাইন

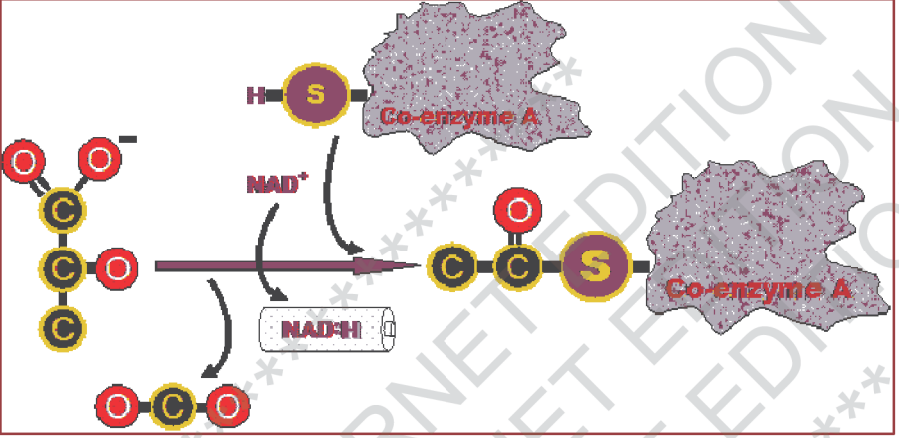
ডায়ফসফেইট (adenosine diphosphate- ADP)। এতে থাকে তিনটি কার্বন-বেইজ রিং এবং দু'টি ফসফেইট গ্রুপের তৈরী একটি লেজ। আর এই মলিকিউলে যখন তৃতীয় আরেক ফসফেইট গ্রুপ যুক্ত হবে তখনই তৈরী হবে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ মলিকিউল ATP।

এই পর্যায়ে দু'টি নতুন এটিপি সৃষ্টি হলো। কিন্তু কোষে যখন এনার্জির প্রয়োজন দাঁড়াবে তখন আরেক এনজাইম এসে এটিপি থেকে তৃতীয় ফসফেইট গ্রুপকে ভেঙ্গে দেবে। এতে কোষের জন্য জরুরী এনার্জি রিলিজ হয়। কিন্তু এই প্রতিক্রিয়ার ফলে এটিপি পুনরায় এডিপিতে রূপান্তর হয়ে যায়। আর এই এডিপিকে সেল্যুলার রেসপিরেশন ক্রিয়ার জন্য আবার ব্যবহার করে এটিপি মলিকিউলে রূপান্তর করা হয়।

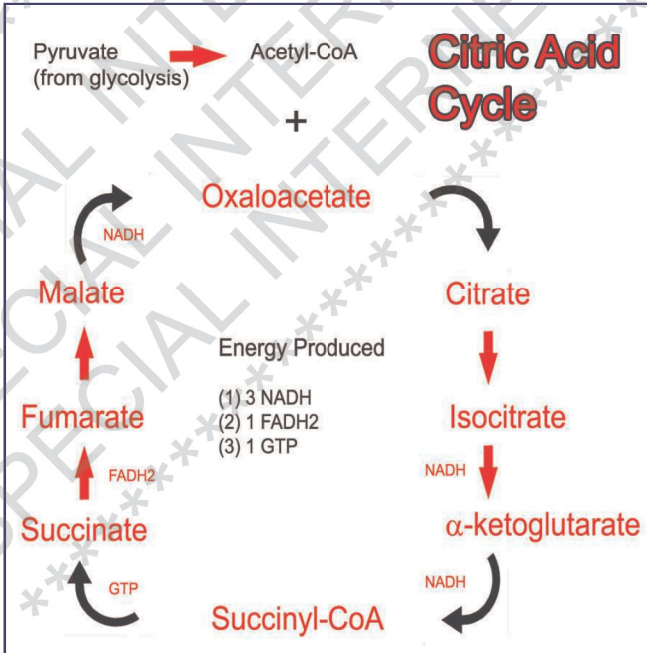
ওদিকে পড়ে থাকা উভয় তিন-কার্বন কম্পাউন্ড ফসফেইট থেকে মুক্ত হয়ে দু'টি নতুন মলিকিউলে রূপান্তর হয়। এই মলিকিউলের নাম পাইরোভেইট (pyruvate), এতে থাকে তিনটি কার্বন এটম, তিনটি হাইড্রোজেন ও তিনটি অক্সিজেন এটম। সুতরাং গ্লাইকোলাইসিস প্রতিক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার পর গুরুত্বপূর্ণ কিছু উৎপন্নদ্রব্য সৃষ্টি হলো যা পরবর্তী সেল্যুলার রেসপিরেশন ক্রিয়ায় কাজে লাগানো হবে। এই উৎপাদিত দ্রব্যাদি হলো: NADH (দু'টি মলিকিউল) এবং পাইরোভেইট (দু'টি মলিকিউল)। অপর গুরুত্বপূর্ণ উৎপাদন দ্রব্য তথা এটিপি তো কোষের এনার্জির জন্য ব্যবহৃত হয়েই যায় এই প্রতিক্রিয়ার সময়।

২. ট্রানজিশন স্টেজ

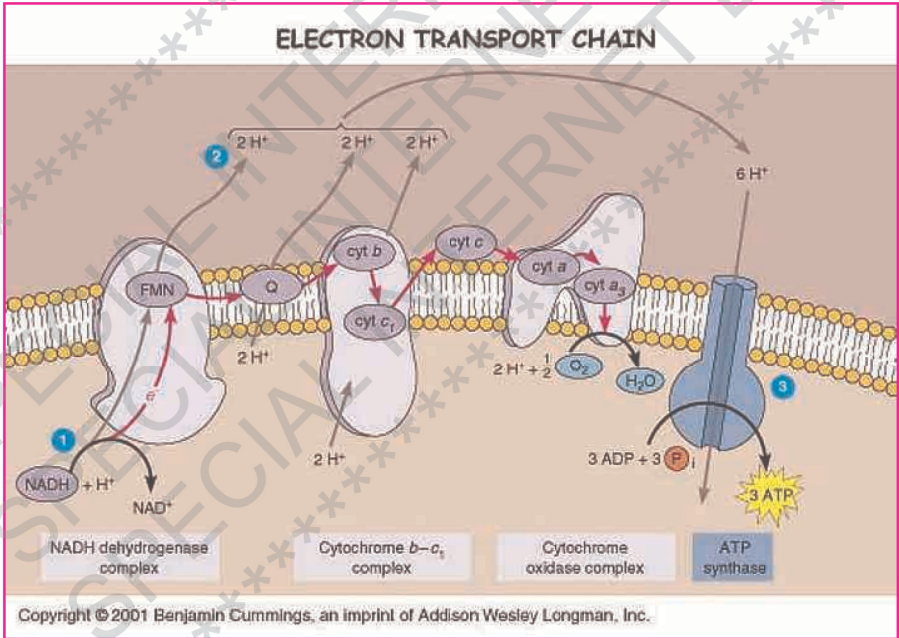
পাইরোভেইট মলিকিউল কোষের সাইটোপ্লাজম থেকে মাইটোকন্ড্রিয়ায় প্রবেশ করে। এখানে কোষ শ্বাসক্রিয়ার বাকী সব পর্যায়ের ক্রিয়া সংঘটিত হয়। প্রতিটি মাইটোকন্ড্রিয়ানে আছে অসংখ্য ভাজবিশিষ্ট মেমব্রেন। এসব ভাজে বাস করে শত শত বিশেষ এনজাইম। এসব ক্যাটালিস্ট এনজাইম সেল্যুলার রেসপিরেশনকে নিয়ন্ত্রণ ও পরিচালনা করে। এনজাইমের সংখ্যা বেশী হওয়ায় একই সাথে একটি মাত্র মাইটোকন্ড্রিয়ানের ভেতর অনেক উচ্চসংখ্যক পরিমাণ এটিপি মলিকিউল

উৎপাদন হয়। মাইটোকন্ড্রিয়া কিংবা অনুরূপ কোন বস্তু না থাকলে অধিকাংশ কোষই বেঁচে থাকার জন্য প্রয়োজনীয় এনার্জি সৃষ্টি করতে পারতো না।

উপরে বর্ণিত গ্লাইকোলাইসিস স্টেজ ও ক্রেব্স সাইকেলের মধ্যবর্তী ক্ষণস্থায়ী বায়োকেমিক্যাল পাথওয়ে হলো এই ট্রানজিশন পর্যায়। এটা উভয় স্তরের মধ্যে লিংক সৃষ্টি করে। সংক্ষিপ্ত সময়ের মধ্যে এই স্তরে এসে দু'টি পাইরোভেইট মলিকিউল থেকে এনজাইম এসে হাইড্রোজেন ও ইলেকট্রন ট্রান্সফার করে দু'টি NAD+ মলিকিউলে নিয়ে যায় এতে দু'টি অতিরিক্ত NADH মলিকিউল তৈরী হয়। আরেক এনজাইম এসে উপরোক্ত প্রতিটি পাইরোভেইট মলিকিউল থেকে একটি কার্বন এটম ও দু'টি অক্সিজেন এটম ভেঙ্গে নিয়ে আসে। এগুলো পরে যুক্ত হয়ে সৃষ্টি করে কার্বন ডাইওক্সাইড (CO_2)। এটাই হলো সেল্যুলার রেসপিরেশনের প্রাথমিক বর্জ্য এবং এগুলো কোষ থেকে বের হয়ে আসে। এই কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়ার ফলে প্রতিটি পাইরোভেইট মলিকিউল ট্রান্সফার হয়ে দুই-কার্বন কম্পাউন্ডে রূপান্তর হয়- যার নাম এসিটিল গ্রুপ (acetyl group)। দু'টি এসিটিল গ্রুপ যুক্ত হয় দু'টি বিশেষ মলিকিউলের সঙ্গে যাদের নাম হলো কোএনজাইম-এ (coenzyme A)- অর্থাৎ এনজাইমের প্রোটিন ছাড়া অংশ। এতে সৃষ্টি হয় দু'টি এসিটিল কোএনজাইম-এ মলিকিউল। আর এই উভয় মলিকিউল পরবর্তী পর্যায় তথা ক্রেব্স সাইকেলে প্রবেশ করে।

৩. ক্রেব্‌স সাইকেল

একে সাইট্রিক এসিড সাইকেলও বলে। এই সাইকেলের সময় উপরে বর্ণিত এসিটিল কোএনজাইম-এ মলিকিউলকে প্রসেস করা হয়। এই জটিল পাথওয়ে অগ্রগতির সময় ৬টি NADH মলিকিউল সৃষ্ট হয়; অতিরিক্ত কিছু কার্বন-ডাইওক্সাইড তৈরী হয়; এবং পুরো প্রসেস থেকে বেরিয়ে আসে এনার্জি যা থেকে দু'টি এটিপি মলিকিউল উৎপাদন হয় মাইটোকন্ড্রিয়ানে পড়ে থাকা এডিপি ও ফসফেইট গ্রুপের পুকুর থেকে। এরপর হাইড্রোজেন ও ইলেকট্রন ফ্লাভিন এডেনাইন ডাইনিউক্লিওটাইড (flavin adenine dinucleotide - FAD++) নামক একটি মলিকিউলের সঙ্গে যুক্ত করে তৈরী করা হয় $FADH_2$ - এটি মূলত NADH মলিকিউলের মতো- যার কাজ হলো ক্ষণকালের জন্য হাইড্রোজেন ও ইলেকট্রনকে স্টোর করা যাতে পরে ব্যবহার করা যায়।

ক্রেব্স সাইকেলের শেষে এসে শুরুতে যে গ্লুকোজ মলিকিউল ছিলো, তাতে স্টোর করা প্রায় সব ব্যবহারযোগ্য এনার্জিকে কাজে লাগিয়ে কোষটি তৈরী করবে ১০টি NADH মলিকিউল; এই মলিকিউল সিনথেসিসের হিসাব হলোঃ গ্লাইকোলাইসিসের সময় ২টি + ট্রানজিশন পর্যায়ে ২টি + ক্রেব্স সাইকেলের সময় ৬টি; আরো তৈরী হলো ২টি $FADH_2$; এবং ৪টি এটিপি মলিকিউল (এর দু'টি সৃষ্টি হয়েছিল গ্লাইকোলাইসিস স্টেজে এবং দু'টি এই ক্রেব্স সাইকেলে)।

৪. ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন

মাইটোকন্ড্রিয়ানের মেমব্রেনের কাছাকাছি যুক্ত কিছু মলিকিউলে ইলেকট্রন ট্রান্সফার চেইন ক্রিয়া সংঘটিত হয়।

একটি বিশেষ ডেলিভারী ট্রাকের মতো চলন্তাবস্থায় NADH এবং $FADH_2$ মলিকিউল তাদের মধ্যস্থ ইলেকট্রন ও হাইড্রোজেন আয়োন (চার্জ) ফেলে দেয়।

যেমন কোন বস্তু থেকে বেছে বেছে কিছু অকেজো বর্জ্য ডাস্টবিনে ফেলে দেওয়া। মাইটোকন্ড্রিয়ানের মেমব্রেনে যুক্ত ওসব ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন মলিকিউলের কাছে এসব ওয়েস্ট-প্রোডাক্ট পতিত হয়। সুতরাং বিনা পরিশ্রমে প্রাপ্ত এসব ফ্রি ইলেকট্রন ও হাইড্রোজেনকে মেমব্রেনের মলিকিউলগুলো যারতার চাহিদা অনুযায়ী কুড়িয়ে নেয়। যেমন চেইনের প্রথম মলিকিউল ইলেকট্রনের জন্য ক্ষুধার্ত থাকায় সে তা ধরে ফেলে। কিন্তু পরবর্তী মলিকিউল আরো ক্ষুধার্ত থাকায় প্রথমটি থেকে সে তা ছিনিয়ে নেয়! এখানেই শেষ নয় এর পরেরটা আরো ক্ষুধার্ত- সুতরাং সে দ্বিতীয়টি থেকে ইলেকট্রনকে ছিনিয়ে নেয়। এভাবে লাইনের সব মলিকিউল টানাটানি করে ইলেকট্রনকে চেইনের সর্বশেষ মলিকিউলের উপর নিয়ে পতিত করে- এটা একটি অক্সিজেন মলিকিউল। আর এই অক্সিজেন মলিকিউল পূর্বে সবক'টি মলিকিউলের তুলনায় ইলেকট্রনের জন্য সর্বাপেক্ষা বেশী ক্ষুধার্ত- সুতরাং ইলেকট্রনগুলোর প্রতি তার আকর্ষণ সর্বাধিক।

সুতরাং অক্সিজেনের মধ্যে ইলেকট্রনগুলো গ্রেফতার হয়ে পড়ে। শুধু তাই নয় ট্রাকের মূল মলিকিউলদ্বয় NADH এবং $FADH_2$ মলিকিউল থেকে ফেলে দেওয়া অপর বর্জ্য হাইড্রোজেন আয়োন এসে অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিত হয়। ফলে ইলেকট্রন, হাইড্রোজেন আয়োন ও অক্সিজেন মিলে তৈরী হয় পানি যা কোষ অন্যান্য বায়োকেমিক্যাল প্রতিক্রিয়ায় ব্যবহার করে। অপরদিকে NADH এবং $FADH_2$ মলিকিউল হাইড্রোজেন আয়োন ও ইলেকট্রন থেকে মুক্ত হওয়ায় তারা নিজেরা যথাক্রমে NADH+ এবং FAD++ মলিকিউলে পুনরায় রূপান্তর হয়। এতে কোষের মধ্যে এই দু'টো মলিকিউলের সাপ্লাই নিশ্চিত হলো যাতে সেল্যুলার রেসপিরেশন বার বার ঘটতে পারে।

ট্রান্সপোর্ট চেইনে ইলেকট্রন চলার সময় বিভিন্ন মলিকিউলে যুক্ত ও মুক্ত হওয়ার ফলাফল কিন্তু বিফলে যায় না। এসব ক্রিয়া থেকে রিলিজ হয় বিভিন্ন মাত্রার এনার্জি যা এনজাইম কাজে লাগিয়ে তৈরী করে এটিপি- আগে বর্ণিত মাইটোকন্ড্রিয়ানের ঐ পুকুরে সংরক্ষিত এডিপি ও ফসফেইট গ্রুপ মলিকিউল দিয়ে। এখন প্রশ্ন হচ্ছে ইলেকট্রন ট্রান্সপোর্ট চেইন থেকে ক'টি এটিপি তৈরী হলো? পরীক্ষা করে দেখা গেছে অধিকাংশ কোষ এই চেইন থেকে মোট ৩২টি এটিপি সিনথেসাইজ করে। সুতরাং এ পর্যায়ে এসে সেল্যুলার রেসপিরেশন থেকে

মূল গ্লুকোজ মলিকিউল থেকে মোট এটিপি সৃষ্টির সংখ্যা দাঁড়ালো ৩৬-এ (দু'টি গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়ে ও দু'টি ক্রেব্‌স সাইকেলে এবং এই ইলেকট্রন চেইনে বত্রিশটি)। আসলে ইলেকট্রন চেইনের জন্য প্রস্তুতি পর্ব ছিলো আগের দু'টি পর্যায়- কিন্তু সুযোগ থাকায় সেই দু'টো স্টেজেও বোনাস হিসাবে মোট চারটি এটিপি সিনথেসাইজ হলো।

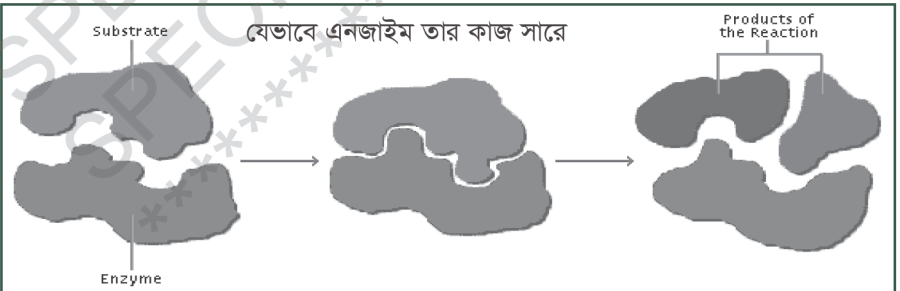
কোষ এটিপি সৃষ্টির কারখানা

এ পর্যায়ে এসে আমরা এটা নির্দ্বিধায় বলতে পারি কোষ মূলত এটিপি সৃষ্টির করাখানা। একটি মাত্র গ্লুকোজ থেকে সে ৩৬টি পর্যন্ত এটিপি মলিকিউল উৎপাদন করলো। তবে শত শত হাজার গ্লুকোজ মলিকিউল কোষের ভেতরে প্রবেশ করে থাকে। প্রতি সেকেন্ডে মিলিয়ন মিলিয়ন এটিপি মলিকিউল উৎপাদিত হয় এসব গ্লুকোজ থেকে। আর এই উৎপাদিত এটিপির অধিকাংশ মাইটোকন্ড্রিয়ান থেকে বেরিয়ে আসে কোষের সাইটোপ্লাজমে। এখানে এগুলো থেকেই কোষের ক্রিয়া কলাপের জন্য জরুরী এনার্জি সাপ্লাই নিশ্চিত হয়। অপরদিকে মাইটোকন্ড্রিয়ানে কিছু এটিপি থাকে সেখানকার ক্রিয়া-কলাপ অব্যাহত রাখার নিশ্চয়তার জন্য। বিজ্ঞানীরা ধারণা করেন, আমাদের মস্তিষ্কের একটি মাত্র কোষ প্রত্যেক সেকেন্ডে প্রায় ১ কোটি এটিপি মলিকিউল কাজে লাগিয়ে তার ক্রিয়া-কলাপ সম্পাদন করে।

এখন প্রশ্ন জাগে গ্লুকোজ ছাড়াই কোষের ভেতর এটিপি উৎপাদন সম্ভব কি না? এর উত্তর হলো সম্ভব। বাস্তবে প্রায়ই কোষ অলটারনেটিভ উপায়ে এটিপি বানিয়ে থাকে। সেল্যুলার রেসপিরেশন পাথওয়ের সঙ্গে অন্যান্য পরিপাকসংক্রান্ত পাথওয়ের সংযুক্তি আছে। সুতরাং প্রয়োজনে ওসব পাথওয়ে সেল্যুলার রেসপিরেশন ক্রিয়ার সময় যে কোন পর্যায়ে ভিন্ন মলিকিউল **'অনুদান'** হিসাবে দিতে পারে। এসব অলটারনেটিভ মলিকিউলের মধ্যে একটি হলো গ্লিসারল (glycerol)। এটি মেদী বস্তুর একটি অংশ। গ্লাইকোলাইসিস প্রক্রিয়ার মাঝখানে এই মলিকিউল এসে পাথওয়েতে যুক্ত হতে পারে। আরেক ফেট পরিপাকতন্ত্রের বাই-প্রোডাক্ট মেদী এসিড (fatty acid) ট্রানজিশন পর্যায়ে এসে চেইনে যোগ দিতে পারে। গ্লিসারল মলিকিউল গ্লাইকোলাইসিস পর্যায়ে বিশেষ

এনজাইম দ্বারা পরিবর্তন করে পাইরোভেইটে রূপান্তর করা যায়। এছাড়া ফেটী এসিডকে এসিটিল কোএনজাইম-এ বানানো সম্ভব ট্রানজিশন পর্যায়ে। সুতরাং বাকী স্টেজগুলোতে সচরাচর উপায়েই এটিপি উৎপাদন নিশ্চিত হবে। গ্লুকোজ মলিকিউলের অভাব বিশেষ কিছু ক্ষেত্রে সৃষ্টি হতে পারে। আপনি যদি মারাথন দৌড়ে যোগ দেন তাহলে এক সময় উপরে বর্ণিত অলটারনেটিভ মলিকিউলের উপর নির্ভর করতেই হবে আপনাকে। দৌড়ের প্রাথমিক পর্যায়ে দেহের কোষগুলো গ্লুকোজ রিজার্ভ থেকে এটিপি উৎপাদন করবে ঠিকই। কিন্তু ফিনিশিং লাইন পর্যন্ত পৌঁছাতে যেয়ে কোষরা ফেটী রিজার্ভ থেকে এটিপি তৈরী ছাড়া উপায় নেই। এ কারণেই ব্যায়ামের দ্বারা দেহের ফেট বা মেদ কমে যায়। এসব ফেট কোষ কাজে লাগিয়ে দেহের এটিপি সাপ্লাই নিশ্চিত রাখে- ফলে আপনার দেহের মেদ কমে যায়, আপনি হয়ে যান স্লিম ও হ্যান্ডসাম!

ইউনিট ৪.২. এনজাইম

আমরা ইতোমধ্যে বার বার এনজাইমের কথা বলেছি। এই মলিকিউলটি কোষের জীবন ও তার ফাংশন নিশ্চিত করতে সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। কোষের ভেতর এনজাইম মূলত কেমিক্যাল রিয়েকশনে 'ক্যাটালিস্ট' (catalyst) বা অনুঘটক মলিকিউল হিসাবে কাজ করে। অর্থাৎ এদের শক্তি রিয়েকশনের শেষ ফলাফলের জন্য ব্যবহৃত হয় কিন্তু নিজেরা থাকে অপরিবর্তিত অবস্থায়। অন্যকথায় এনজাইম হলো রিয়েকশন তড়িৎকরণে সাহায্যকারী বস্তু। নীচের চিত্রে এনজাইমের ক্রিয়াটি চিত্রিত হয়েছে।

এনজাইম মলিকিউল আমিনো এসিড (amino acid) পলিমার দ্বারা সৃষ্ট। এনজাইম তার বিশিষ্ট আকারকে কাজে লাগিয়ে কেমিক্যাল রিয়েকশনের সময় অপর বস্তু (substrate) ভেঙ্গে দিয়ে কাঙ্ক্ষিত প্রোডাক্ট বানিয়ে নিজে অপরিবর্তিত অবস্থায় সরে পড়ে। বলা যায় এগুলো একধরনের জ্যাকের মতো কাজ করে। তবে সকল এনজাইম সকল সাবস্ট্রেটকে ভাঙ্গতে পারে না- আর এ কারণেই এনজাইমের আকারটি গুরুত্বপূর্ণ। মোটকথা বিশেষ বস্তুর সঙ্গে বিশেষভাবে ডিজাইন কার এনজাইম ফিট না হলে হবে না। এনজাইম প্রাকৃতিকভাবে সৃষ্ট হতে পারে কিংবা কৃত্রিম উপায়ে বানানোও যেতে পারে। এ পর্যন্ত জানা প্রাকৃতিক এনজাইমের সংখ্যা ৭ শতাধিক হবে।

এনজাইমের শ্রেণী

কার্যের উপর নির্ভরশীল এনজাইমের বেশ কয়েকটি শ্রেণী আছে। এদের মধ্যে হাইড্রোলিটিক (hydrolytic - পানি সংক্রান্ত), অক্সিডাইজিং (oxidizing - অক্সিজেন সংক্রান্ত) এবং রিডিউচিং (reducing - হাইড্রোজেন এটম বাড়া কিংবা অক্সিজেন এটম কমে যাওয়া) এনজাইম এখানে উল্লেখযোগ্য। হাইড্রোলিটিক (hydrolytic) এনজাইম ওসব প্রতিক্রিয়ায় অংশ নেয় যখন কোন বস্তু পানি মলিকিউলের সঙ্গে প্রতিক্রিয়া করে ভেঙ্গে পড়ে। অক্সিডেশন রিয়েকশনকে তড়িৎ করতে যেয়ে অক্সিডাইজিং এনজাইম কাজে লাগে। অক্সিজেন মুক্ত করতে যেয়ে রিডাকশন রিয়েকশনের প্রয়োজন দাঁড়ায়। এ ক্ষেত্রে রিডিউচিং এনজাইম এসে সাহায্য করে। এভাবে বিভিন্ন এনজাইম বিশেষ রিয়েকশনে ক্যাটালিস্ট হিসাবে কাজ করে থাকে।

এখন, আমরা কোনো বিশেষ এনজাইম কোন্ রিয়েকশনের সঙ্গে জড়িত তা চিহ্নিত করবো কি করে? বিজ্ঞানীরা একটি উপায় বের করেছেন, তারা যে এনজাইম যে বস্তু বা সাবস্ট্রেইটের সঙ্গে রিয়েকশনে যোগ দেয় তার নামের সাথে ইংরেজী অক্ষর ‘ধংব’ যোগ দিয়ে এনজাইমের নামকরণ করে থাকেন। সুতরাং যে

এনজাইম অক্সিডেশন রিয়েকশনের সঙ্গে জড়িত তার নাম হবে অক্সিডেইজ (এখানে বাংলায় আমরা উচ্চারণ করতে যেয়ে ইজ যোগ করেছি- ইংরেজীতে হবে oxidase)। ইউরিয়া পচন ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত এনজাইমকে বলে ইউরিইজ (urease); এবং প্রোটিন হাইড্রোলিসিসের নিয়ন্ত্রক এনজাইমকে বলে প্রোটিনেইজ (proteinase)।

এনজাইমের বৈশিষ্ট্যাবলী

আমরা ইতোমধ্যে একাধিকবার উল্লেখ করেছি যে এনজাইম মলিকিউল মূলত একটি কেমিক্যাল অনুঘটন বা ক্যাটালিস্ট। সে বিভিন্ন কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়ায় সাহায্য করে, ফলে তা দ্রুত সংঘটিত হয় কিন্তু এই কাজ করতে যেয়ে নিজে সম্পূর্ণ অক্ষত থাকে। এনজাইমের আরেক বৈশিষ্ট্য হলো বিশেষভাবে কোন একটি মাত্র ডিউটিতে থাকা। আবার কিছু আছে একাধিক কাজে জড়িত থাকে। প্রথম ধরনের একক কার্যে জড়িত একটি এনজাইম হলো কিছুক্ষণ পূর্বে উল্লেখিত ইউরিইজ (urease)। দ্বিতীয় ধরনের এনজাইমের মধ্যে খাদ্য যেমন মাংসকে পরিপাক-করণের কাজে জড়িত পেপসিন ও ট্রিপসিন (pepsin and trypsin) এখানে উল্লেখযোগ্য। কিছু এনজাইমের কাজ হলো হৃদযন্ত্রের স্পন্দন নিয়ন্ত্রণ এবং ফুসফুস ফুলে ওঠানো ও কামানোর জন্য প্রয়োজনীয় এনার্জি সৃষ্টি করা। আর খাদ্য ও চিনিকে ভেঙ্গে বিভিন্ন ধরনের বস্তুতে রূপান্তরের কাজে নিয়োজিত আছে আরেক দল এনজাইম। এসব বস্তু ব্যবহৃত হয় দেহের টিস্যু তৈরী, রক্তকোষ প্রতিস্থাপন এবং কেমিক্যাল এনার্জি রিলিজ করে পেশী নড়াচড়ার কাজ সারার জন্য।

কিছু কিছু এনজাইমের বৈশিষ্ট্যের মধ্যে একটি চিত্তাকর্ষক বৈশিষ্ট্য হলো তাদের নিজস্ব মলিকিউল নিজে নিজেই একটি জাইমোজেন (zymogen) নামক ইনার্ট (inert - কেমিক্যালী স্থির) বস্তু থেকে সৃষ্ট হতে পারে। এরূপ এনজাইমকে বলে অটোক্যাটালিসিস (autocatalysis) গুণসম্পন্ন এনজাইম। সুতরাং এরূপ এনজাইম কৃত্রিম উপায়ে টেস্ট-টিউবে (test-tube) তৈরী করা সম্ভব।

এনজাইম কিছু মৌলিক আইন-কানুনও মানে। এর মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ একটি হলো তারা কখনও জ্যান্ত কোন কোষকে আক্রমণ করে না। কিন্তু যেই মুহূর্তে একটি কোষের মৃত্যু ঘটবে তখন এনজাইম তার ভাব বদলে দেবে ও এটাকে আত্মসাৎ করে নেবে। বিশেষকরে প্রোটিন ভাঙ্গার কাজে জড়িত এনজাইমগুলো এই কর্মে বেশ পটু। জীবিত থাকাবস্থায় এসব এনজাইম কোষের মেমব্রেন ডিঙ্গিয়ে ভেতরের সাইটোপ্লাজমে পৌঁছতে পারে না। কিন্তু মরে গেলেই মেমব্রেন এনজাইমের প্রবেশের জন্য সহজ হয়ে যায়। সুতরাং এনজাইম ভেতরে ঢুকে সকল প্রোটিন ধ্বংস করে দেয়। এছাড়া কিছু বিশেষ কোষ আছে যাদের মধ্যে বাস করে এনজাইম বিরোধী আরেক এনজাইম যাকে এ্যান্টিএনজাইম (antienzyme) বলে। এই এ্যান্টিএনজাইম কোন সাবস্ট্রেটের উপর এনজাইমের ক্রিয়া সংঘটিত হতে দেয় না।

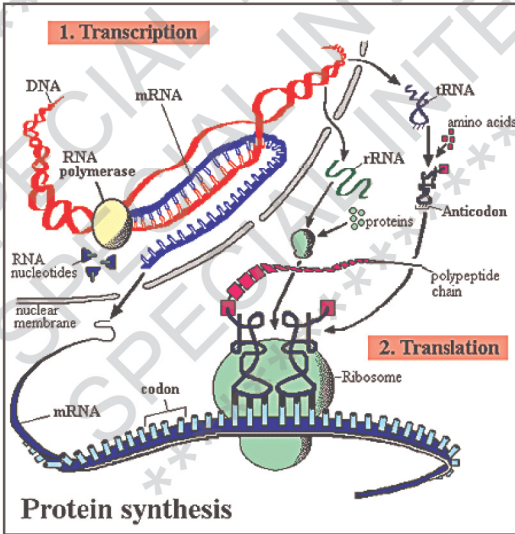
ইউনিট ৪.৩. প্রোটিন সিনথেসিস

আমরা জানি কোষের নিউক্লিয়াসে অবস্থানকৃত ডিএনএ মলিকিউল প্রজননব্যাপী জেনেটিক তথ্যাদি ক্যারী করে। এটা নিশ্চিত হয় ডিএনএ কপি বা রেপ্লিকেশন ক্রিয়ার মাধ্যমে। কোষ বিভক্তির পূর্ব মুহূর্তে এই রেপ্লিকেশন ক্রিয়া সংঘটিত হয়। তবে ডিএনএ কোষের মূল প্রোডাক্ট প্রোটিন তৈরী করতেও গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে- বাস্তবে এই প্রোটিনেই ডিএনএ-তে সংরক্ষিত জেনেটিক তথ্যাদির বিকাশ ঘটে। যে প্রসেসের মাধ্যমে জেনেটিক কোড এভাবে প্রোটিন বানিয়ে কাজে লাগানো হয় তাকে বলে প্রোটিন সিনথেসিস (protein synthesis)। এই সিনথেসিস ক্রিয়ায় দু'টি মৌলিক পদক্ষেপ আছেঃ ট্রান্সক্রিপশন (transcription) এবং ট্রান্সলেশন (translation)। আমরা এখন এই ক্রিয় দু'টোর উপর একে একে বর্ণনা করবো।

১. ট্রান্সক্রিপশন

কোষের অভ্যন্তরে ডিএনএ মলিকিউলে সংরক্ষিত তথ্যাদি দ্বারাই নতুন প্রোটিন তৈরী হবে একটি বিশেষ স্থানে নেওয়ার পর। এই স্থানে নিতে হলে একটি

ক্যারিয়ার মলিকিউল থাকতে হবে। সুতরাং এই মলিকিউলে প্রথমে তথ্যাদি ক্ষণকালের জন্য **'ট্রান্সফার'** করা জরুরী। যে ইন্টারমিডিয়ারী মলিকিউলে জেনেটিক কোড অস্থায়ীভাবে সংরক্ষিত হবে তার নাম হলো রিবোনিউক্লিক এসিড (ribonucleic acid- RNA)। আর যে উপায়ে তা সম্পাদিত হয় তাকেই বলে ট্রান্সক্রিপশন। আরএনএ মলিকিউলের মৌলিক গঠনপ্রণালী অনেকটা ডিএনএ মলিকিউলের মতোই। তবে উভয়ের মধ্যে তিনটি গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য বিদ্যমান। প্রথমত, আরএনএ কাঠামোয় চিনি রায়বোজ (suger ribose) থাকে কিন্তু ডিএনএ কাঠামোয় এর বদলে থাকে ডিওক্সিরাইবোজ (deoxyribose) - এটাও চিনি। উভয়টি চিনি হলেও মলিকিউলার পর্যায়ে এদের মধ্যে পার্থক্য বিদ্যমান। দ্বিতীয়ত, আরএনএ বেইজ ইউরাসিল (U) (uracil - এটার মধ্যে বংশগত তথ্য থাকে) ব্যবহার করে। কিন্তু ডিএনএ ব্যবহার করে থাইমাইন (thymine - T)। আরএনএ-এর ক্ষেত্রে ইউরাসিল বন্ড তৈরী করে এডেনাইন বেইজের সাথে- ঠিক যেভাবে ডিএনএ-তে থাইমাইন বন্ড তৈরী করে এডেনাইনের সাথে। তৃতীয়ত, আরএনএ সাধারণত একটি মাত্র দড়ি বা স্ট্রান্ড হিসাবে অস্তিত্ব বজায় রাখে কিন্তু ডিএনএ-তে আছে দু'টি স্ট্রান্ড যা ডবল হিলিক্সের আকার ধারণ করে থাকে।

Protein synthesis

প্রোটিন সিনথেসিস: দুটি পদক্ষেপে প্রোটিন উৎপাদন হয় কোষের ভেতর। বায়ের চিত্রে এ দু'টো পদক্ষেপ সংক্ষিপ্তভাবে দেখানো হয়েছে। আমরা পরবর্তীতে আরো বিস্তারিতভাবে প্রয়োজনীয় ব্যাখ্যাসহ চিত্রের মাধ্যমে কোষের এই গুরুত্বপূর্ণ ফাংশনটির ব্যাখ্যা তুলে ধরবো।

ট্রান্সক্রিপশন ক্রিয়ার মাধ্যমে বিশেষ ধরনের কিছু আরএনএ উৎপাদিত হয়। এগুলোর নাম হলো মেসেঞ্জার আরএনএ (mRNA)। ক্রিয়াটির শুরু হয় যখন ডিএনএ-এর দু'টি স্ট্রান্ড আলাদা হয়ে পড়ে। এই আলাদাকরণে ক্যাটালিস্ট হিসাবে একটি বিশেষ এনজাইম যুক্ত হয় যার নাম আরএনএ পলিমারেইজ (RNA polimerase)। ডবল হিলিক্স আলাদা হওয়ার পর এর একটি স্ট্রান্ড টেমপ্লেট হিসাবে নিজেকে উৎসর্গ করে। অর্থাৎ এই টেমপ্লেটটি মূলত পরবর্তী ক্রিয়ার জন্য একটি স্ট্যান্ডার্ড পেটার্ন মনে করা যেতে পারে- ঠিক যেভাবে কোন ডিজাইনার পূর্বে নির্মিত স্ট্যান্ডার্ড পেটার্নকে কাজে লাগায়। এই পেটার্নের উপর নির্ভর করেই তৈরী হয় উপরোক্ত কপ্লিমেন্টারী এমআরএনএ মলিকিউল। এরপর উক্ত টেমপ্লেটে এসে যুক্ত হয় কোষে মুক্তভাবে ভাসমান কিছু বেইজ- কিন্তু জোড়া লাগার আইন এক্ষেত্রে মধ্যস্থতাকারী এমআরএনএ মুতাবিক হয়। অর্থাৎ ইউসারিল ও এডেনাইন বেইজ জোড়া তৈরী করে। এতে তৈরী হয় মেসেঞ্জার আরএনএ-এর একটি স্ট্রান্ড।

নিউক্লিয়াস নেই এমন প্রকাইওরিটিক কোষের ক্ষেত্রে ট্রান্সক্রিপশন ক্রিয়ার সমাপ্তি এখানেই। তবে বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীদের ইউকারিওটিক কোষের ক্ষেত্রে আরো একটি পদক্ষেপ বাকী থাকে। এমআরএনএ স্ট্রান্ডটিতে যে কোডিং এলাকা বিদ্যমান, তাকে বলে এক্সোন (exon)। এই এলাকা ইন্ট্রন (intron) নামক আরেক এলাকা দ্বারা আলাদা করানো থাকে। কিন্তু প্রোটিন সিনথেসিস ক্রিয়ায় এই ইন্ট্রনের কোন প্রয়োজন নেই বিধায় এটিকে কোষের নিউক্লিয়াসে অবস্থানরত একটি বিশেষ ক্যাটালিস্ট এনজাইম এসে মেসেঞ্জার আরএনএ থেকে সরিয়ে নেয়। সুতরাং সকল এক্সন মিলে তৈরী করে একটি এমআরএনএ স্ট্রান্ড যার মধ্যে বিরাজ করে একটি প্রোটিন মলিকিউল তৈরীর যাবতীয় জেনেটিক কোড।

২. ট্রান্সলেশন

উপরে বর্ণিত মেসেঞ্জার আরএনএ মলিকিউলে ডিএনএ থেকে প্রোটিন সৃষ্টির যাবতীয় জেনেটিক কোড সংরক্ষণ কাজ সম্পাদিত হওয়ার পর এবার একে কাজে লাগানোর সময় এসেছে। অর্থাৎ এই কোডকে প্রোটিন হিসাবে রূপান্তর করতে

হবে। সুতরাং এমআরএনএ মলিকিউলের চারটি বেইজে সকল কোড সংরক্ষিত আছে। অপরদিকে ২০টি আমিনো এসিড দ্বারা প্রোটিনের কোড সংরক্ষিত থাকে- এবার এমআরএনএ-এর কোড ট্রান্সলেট করে আমিনো এসিডের কোডে রূপান্তর করতে হবে। এই প্রসেসটি একটি বিশেষ কোষ অরগানেলে সম্পাদিত হয়- যার নাম হলো রিবোজাম (ribosome)। বহুকোষবিশিষ্ট কোষের মধ্যে এই রিবোজাম নিউক্লিয়াসের বাইরে অবস্থান করে ফলে এমআরএনএ-কে নিউক্লিয়াস থেকে বের হয়ে আসতে হবে। এটা এখানে এসে রিবোজামের সঙ্গে যুক্ত হয়। একক কোষবিশিষ্ট প্রাণীদের কোষে যেহেতু কোন নিউক্লিয়াস নেই তাই রিবোজাম এমআরএনএ-কে ধরে ট্রান্সলেশনের কাজ শুরু করে দেয় ট্রান্সক্রিপশন কাজ শেষ হওয়ার পূর্বেই। অর্থাৎ ডিএনএ থেকে এমআরএনএ স্ট্রান্ড আলাদা হওয়ার আগেই রিবোজাম এসে তার কাজ শুরু করে ফেলে। একই ক্রিয়া অবশ্য মেমব্রেন দ্বারা সংরক্ষিত নিউক্লিয়াসবিশিষ্ট কোষের ক্ষেত্রে সম্ভব নয়। সুতরাং বাইরে সাইটোপ্লাজমে ভাসমান রিবোজামকে তার নিকট এমআরএনএ স্ট্রান্ডকে আসার পূর্ব পর্যন্ত অপেক্ষায় থাকতে হবে।

উভয় ধরনের কোষে রিবোজাম একটি কাজের টেবিল বা ওয়ার্কবেঞ্চ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ঠিক বেঞ্চের মতো এতে 'ক্লাম্প' আছে। এই ক্লাম্পে মেসেঞ্জার আরএনএ আটকা পড়ে এবং রিবোজাম প্রোটিন সিনথেসিস ক্রিয়ায় এনজাইমের ক্রিয়াকলাপ ও অন্যান্য মলিকিউলের কার্যাদিতে সহযোগিতা প্রদান করে।

কোষের সাইটোপ্লাজমে আরো কিছু ট্রান্সফার আরএনএ ভেসে বেড়ায়। এগুলোকে বলে টিআরএনএ (tRNA)। এখানে t অর্থ ট্রান্সফার। তবে অনেক ধরনের টিআরএনএ আছে যাদের একেকটি ২০টি আমিনো এসিডের একেকটির সঙ্গে বন্ড তৈরী করে। টিআরএনএ-এর একদিক একটি বিশেষ আমিনো এসিডের সঙ্গে যুক্ত হয়। আর অপরদিকে এটি ক্যারী করে তিনটি বেইজ- যাদের নাম হলো এ্যান্টিকোডন (anticodon)। এবার আমিনো এসিডের সঙ্গে যুক্ত টিআরএনএ রিবোজামের নিকট চলে যায় যেখানে মেসেঞ্জার আরএনএ বসে আছে। টিআরএনএ-এর এ্যান্টিকোডন বেইজ মেসেঞ্জার আরএনএ-এর বেইজের সঙ্গে কম্প্লিমেন্টারী জোড়া তৈরী করে। এতে আছে তিনটি বেইজ সিরিজ যাদেরকে বলা হয় কোডন (codon)। অর্থাৎ টিআরএনএ-এর এ্যান্টিকোডন এমআরএনএ-এর

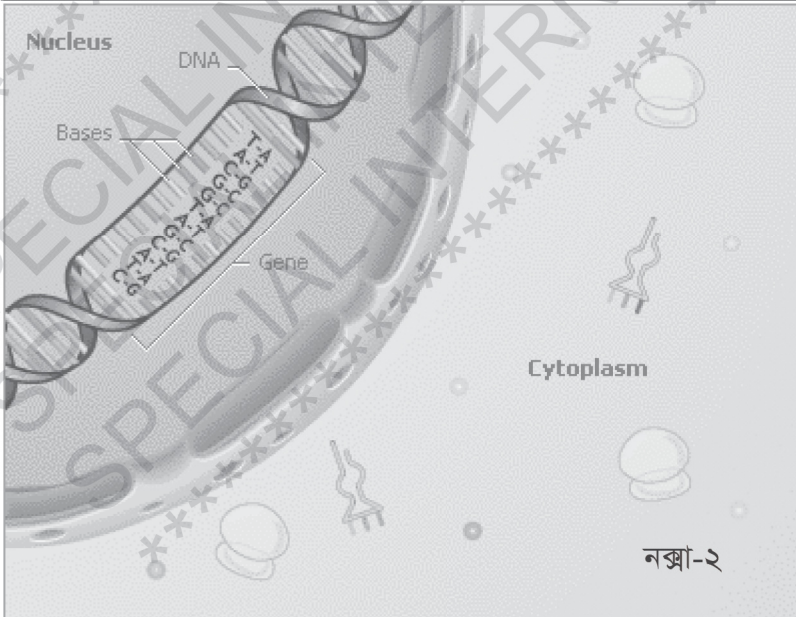
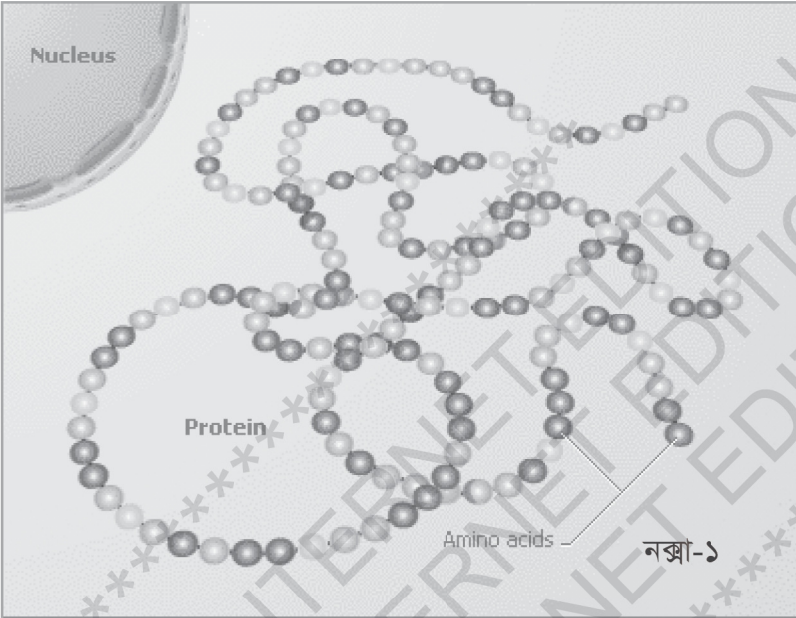
কোডনের সঙ্গে জোড়া সৃষ্টি করলো। আর মেসেঞ্জার আরএনএ-এর কোডনে কোন্ ধরনের আমিনো এসিড নিয়ে এসেছে ঐ টিআরএনএ তা কোড করা আছে। সুতরাং সঠিকভাবে জোড়া সৃষ্টি নিশ্চিত হলো।

এরপর উপরোক্ত উপায়ে দ্বিতীয় আরেকটি টিআরএনএ এসে মেসেঞ্জার আরএনএ-এর পরবর্তী কোডনে জোড়া সৃষ্টি করে। আর আগের বন্ডকৃত টিআরএনএ মলিকিউলটি (অর্থাৎ রেসিডেন্স টিআরএনএ) আগত টিআরএনএ-তে নিজের আমিনো এসিড ট্রান্সফার করে সেখান থেকে চলে যায়- অর্থাৎ রিবোজাম থেকে দূরে সরে পড়ে। এই প্রজ্ঞাপূর্ণ প্রসেসটি অব্যাহত থাকে এবং এর ফলে নতুন টিআরএনএ চেইন অব আমিনো এসিড পেতে থাকে রেসিডেন্স টিআরএনএ এর নিকট থেকে। এই এসিড চেইনকে বলে পলিপেপটাইড চেইন (polypeptide chain)। এদিকে রিবোজাম একটা একটা করে এমআরএনএ স্ট্রান্ড এক কোডন করে সরিয়ে নেয়। এতে টিআরএনএ-এর সঙ্গে নতুন কোডন যুক্ত হওয়ার সুযোগ সৃষ্টি হয়। এই প্রসেস তখনই শেষ হয় যখন এমআরএনএ-এর পুরো সিকুয়েন্স **'অনুবাদ'** বা ট্রান্সলেট হয়ে যাবে। আর নতুনভাবে সৃষ্ট পলিপেপটাইন রিবোজাম থেকে আলাদা হয়ে একটি অভিনব প্রোটিন হিসাবে আত্মপ্রকাশ করে- কোষের মধ্যে তার ডিউটি পালনে সে এখন সম্পূর্ণ প্রস্তুত।

প্রোটিন সিনথেসিস যে কতো গুরুত্বপূর্ণ একটি ক্রিয়া তা আর বুঝিয়ে বলার দরকার পড়ে না। উপরে সরল বাংলায় (অন্তত যেটুকু সম্ভব) এই প্রসেসটি বুঝিয়ে বলেছি। তবে ব্যাপারটি সঠিকভাবে জানার গুরুত্ব অনুধাবন করে আবারো বলার প্রয়াস পাচ্ছি- এবার কিন্তু শুধু ভাষা নয় সুচিন্তিতভাবে অঙ্কিত দশটি চিত্রও ব্যবহার করবো। প্রতিটি চিত্রের সঙ্গে ক্যাপশন লিখে কি হচ্ছে তা বুঝিয়ে দিয়েছি। সুতরাং শিক্ষার্থীদের কাছে অনুরোধ প্রোটিন সিনথেসিস প্রতিক্রিয়া কি জিনিস তা বুঝতে যদি এখনও সামান্যতমও সন্দেহ থেকে যায় তাহলে পরবর্তী পৃষ্ঠাসমূহের চিত্র দেখে ও ক্যাপশনগুলো ভালোভাবে পাঠ করে নিন। এরপরও সন্দেহ থাকলে উপরের ব্যাখ্যা আবার পড়ুন।

চিত্রের সাহায্যে প্রোটিন সিনথেসিস

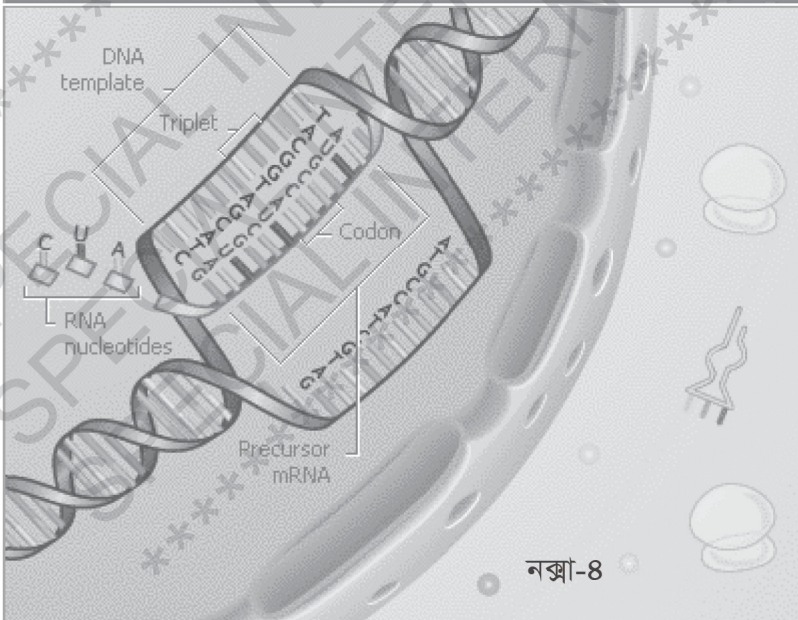
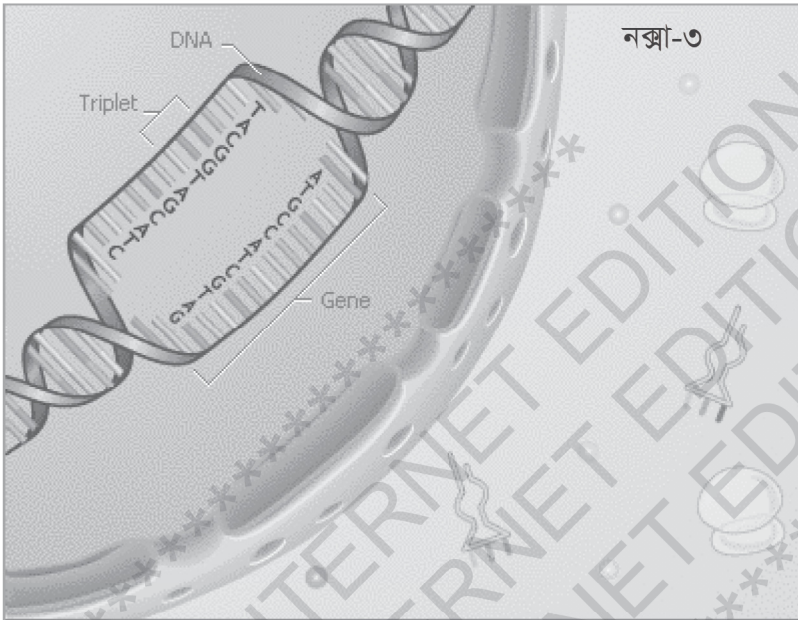
নক্সা-১

নক্সা-২

নক্সা ১: প্রোটিন কাঠামো এবং কোষের ফাংশন

উপরের (পূর্বের পৃষ্ঠার) চিত্রে (নক্সা-১) একটি কোষের একাংশ দেখা যাচ্ছে। প্রোটিন কোষের বিল্ডিং ব্লক্স হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অনেক কেমিক্যাল প্রতিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ এবং কোষের ভেতরে বস্তু বাইর থেকে আদান-প্রদানের দায়িত্বও প্রোটিন পালন করে। প্রোটিন তৈরী হয় আমিনো এসিডের দীর্ঘ চেইন থেকে। আর এই আমিনো এসিড ঠিক কোন্ সিকুয়েন্সে আছে তা থেকে প্রোটিনের ধরন ও ফাংশন নির্ণিত হয়।

নক্সা-২: প্রোটিন কাঠামোর জেনেটিক কোড

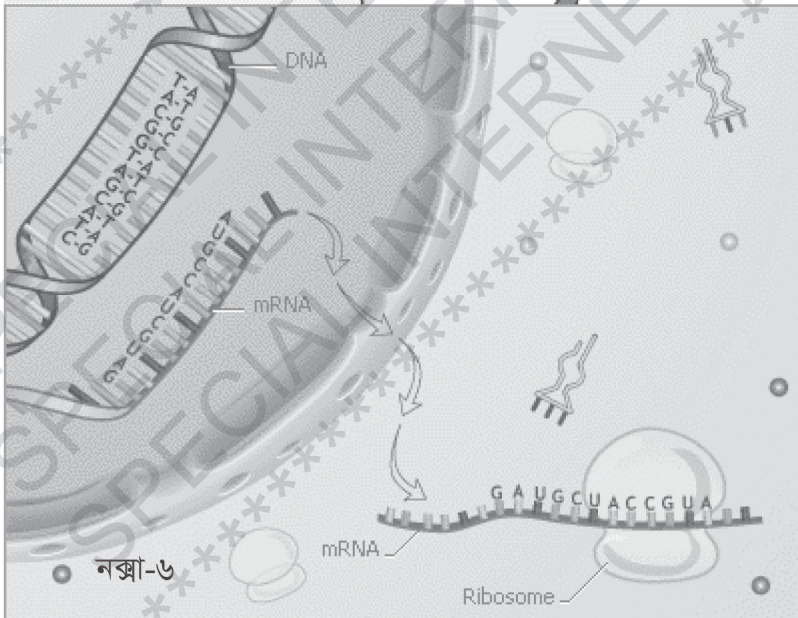
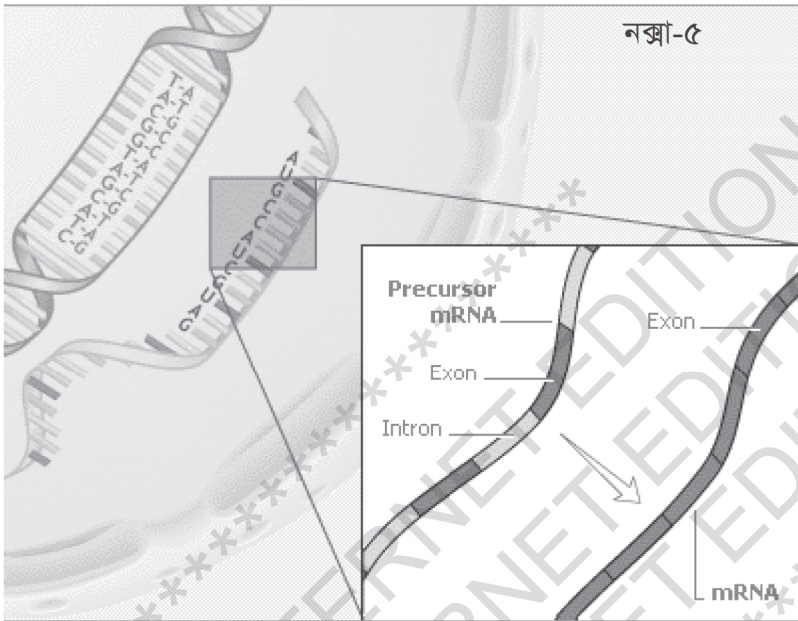
কোষের নিউক্লিয়াসে জিন আছে। এগুলো ডিএনএ মলিকিউলের একেকটি অংশ। ডিএনএ মলিকিউলে থাকে দু'টি দড়ি বা স্ট্রান্ড। প্রত্যেক স্ট্রান্ড তৈরী হয়েছে একাধিক কেমিক্যাল ইউনিট দ্বারা- এদের নাম নিউক্লিওটাইড (nucleotide)। চারটি আলাদা এরূপ নিউক্লিওটাইড দ্বারা উভয় স্ট্রান্ড যুক্ত থাকে। এসব নিউক্লিওটাইডকে বলে বেইজ। এদের নাম হলোঃ থাইমাইন (thymine - T); এডেনোসাইন (adenosine - A); সাইটোসাইন (cytosine - C); এবং গোয়ানাইন (guanine - G)। এগুলো স্ট্রান্ডে এলোমেলোভাবে যুক্ত থাকে না- একটি বিশেষ নিয়মকানুন রক্ষা করে যুক্ত হয় বা জোড়ায় জোড়ায় মিলে। সুতরাং T একমাত্র A এর সাথে জোড়া বাঁধবে; আর C একমাত্র G এর সাথে জোড়া সৃষ্টি করবে। একটি জিন বিশেষ সিকুয়েন্সে বন্ডকৃত নিউক্লিওটাইড দ্বারা সৃষ্ট। আর এই সিকুয়েন্সই নির্দিষ্ট করে কোন্ ধরনের প্রোটিন তৈরী হবে। কিন্তু জিনরা প্রোটিন সরাসরি তৈরী করে না। তারা তথ্যগুলো একটি আলাদা মধ্যস্থতাকারী মলিকিউলে রেখে তা পাঠিয়ে দেয়- এই মলিকিউলের নাম মেসেঞ্জার রিবোনিউক্লিক এসিড (mRNA)। প্রোটিন তৈরীর নির্দেশনা এই মলিকিউলে সংরক্ষিত তথ্য থেকে আসবে।

DNA
Triplet
Gene
নক্সা-৩
DNA template
Triplet
Codon
C
U
A
RNA nucleotides
Precursor mRNA
নক্সা-৪

নক্সা-৩: ডিএনএ স্ট্রান্ড আলাদা হওয়া

এমআরএনএ মলিকিউল প্রথমে উৎপাদন করতে হবে। এর পূর্বপ্রস্তুতি হিসাবে নিউক্লিয়াসে স্থাপিত একটি ডিএনএ মলিকিউল দু'টি স্ট্রান্ডে আলাদা হয়ে পড়ে। যে এলাকায় এই বিভক্তি ঘটে সেখানেই আছে প্রোটিন তৈরীর নির্দেশ ক্যারী করার জিনসমূহ। ডিএনএ স্ট্রান্ডে স্থাপিত প্রতিটি তিন-বেইজ নিয়ে সৃষ্ট সিকুয়েন্সকে বলে ট্রিপলেট। এই একটি ট্রিপলেট হলো ২০টি আমিনো এসিডের (যাদের দ্বারা এটা সৃষ্ট) মধ্যে একটির কোড।

নক্সা-৪: ট্রান্সক্রিপশন

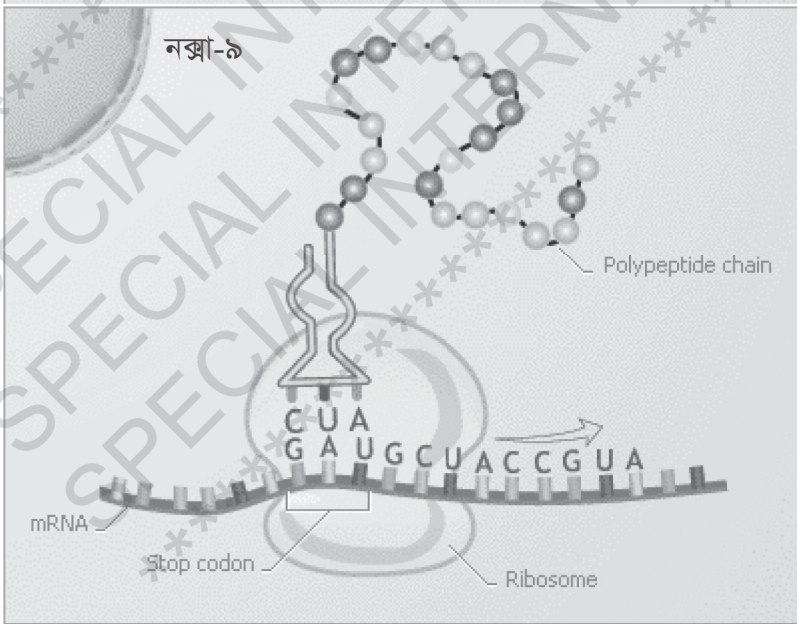
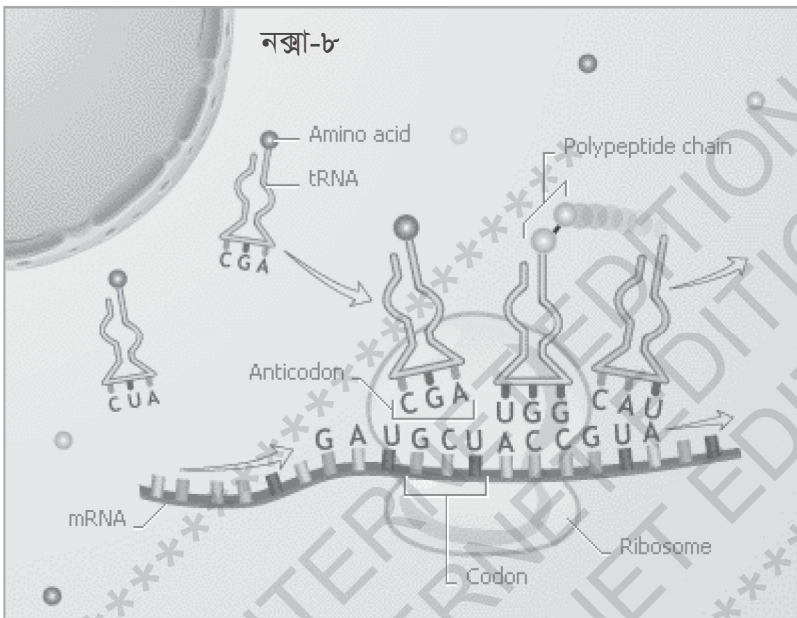
দু'টি ডিএনএ স্ট্রান্ডের মধ্যে একটি পেটার্ন বা টেমপ্লেট হিসাবে ভূমিকা পালন করে। এই পেটার্ন অনুসরণেই তৈরী হবে মেসেঞ্জার আরএনএ মলিকিউল। নিউক্লিয়াসে মুক্তভাবে বিচরণশীল আছে আরএনএ নিউক্লিওটাইড। এরা ডিএনএ পেটার্ন স্ট্রান্ডে এসে জোড়ায় জোড়ায় মিলতে শুরু করে। তবে এই জোড়া সৃষ্টিতে কিছুটা ব্যতিক্রম ঘটে। আরএনএ নিউক্লিওটাইডে আছে একটি বেইজ যার নাম ইউরাসিল (urasil - u)। এই বেইজটি থাইমাইন (T) বেইজের পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং আরএনএ নিউক্লিওটাইড যখন ডিএনএ বেইজের সঙ্গে মিলিত হয় তখন ইউরাসিল (u) যুক্ত হয় ডিএনএ-এর এডেনোসাইনের (A) সাথে; আরএনএ এর এডেনোসাইস যুক্ত হয় ডিএনএ-এর থাইমাইনের (T) সাথে; সবশেষে আরএনএ এর সাইটোসাইন (C) জোড়া সৃষ্টি করে ডিএনএ-এর গোয়ানাইন (G) বেইজের সাথে। ডিএনএ বেইজগুলোর সঙ্গে জোড়া তৈরীর পর নিকটবর্তী আরএনএ নিউক্লিওটাইড যুক্ত হয়ে তৈরী করে একটি অগ্রদূত এমআরএনএ স্ট্রান্ড। ডিএনএ তিন-বেইজ সিকুয়েন্সকে বলে ট্রিপলেট যা আমরা ইতোমধ্যে বলেছি। কিন্তু এমআরএনএ-তে তিন-বেইজের একটি সিকুয়েন্সকে বলে কোডন (codon)।

নক্সা-৫
Precursor mRNA
Exon
Intron
Exon
mRNA
DNA
mRNA
G A U G C U A C C G U A
mRNA
Ribosome
নক্সা-৬

নক্সা-৫ঃ ইনট্রন মুক্তকরণ

অগ্রদূত এমআরএনএ স্ট্রান্ডে একটি কোডিং এলাকা আছে যার নাম এক্সন- এখানেই প্রোটিনের যাবতীয় কোড থাকে। তবে প্রত্যেক একক এক্সনকে ইনট্রন (Intron) নামক আরেক এলাকা দ্বারা আলাদা করা থাকে। এই এলাকায় কোন কোড নেই। প্রোটিন তৈরীতে এই এলাকাটির কোন ফাংশন নেই- তাই প্রোটিন তৈরীর কাজ শুরুর পূর্বেই এটাকে সরিয়ে ফেলা হয়।

নক্সা-৬ঃ মেসেঞ্জার আরএনএ রিবোজামে গিয়ে যুক্ত হওয়া

এমআরএনএ সম্পূর্ণরূপে উৎপাদনের পর এটা নিউক্লিয়াস থেকে বেরিয়ে এসে কোষের সাইটোপ্লাজমে চলে আসে। এখানে ভাসমান থাকে কোষের কিছু অরগানেল যাদের নাম হলো রিবোজাম। এই রিবোজামেই প্রোটিন সিনথেসিস সম্পাদিত হয়। এমআরএনএ এসে এই রিবোজামের সঙ্গে যুক্ত হলেই কাজ শুরু হবে।

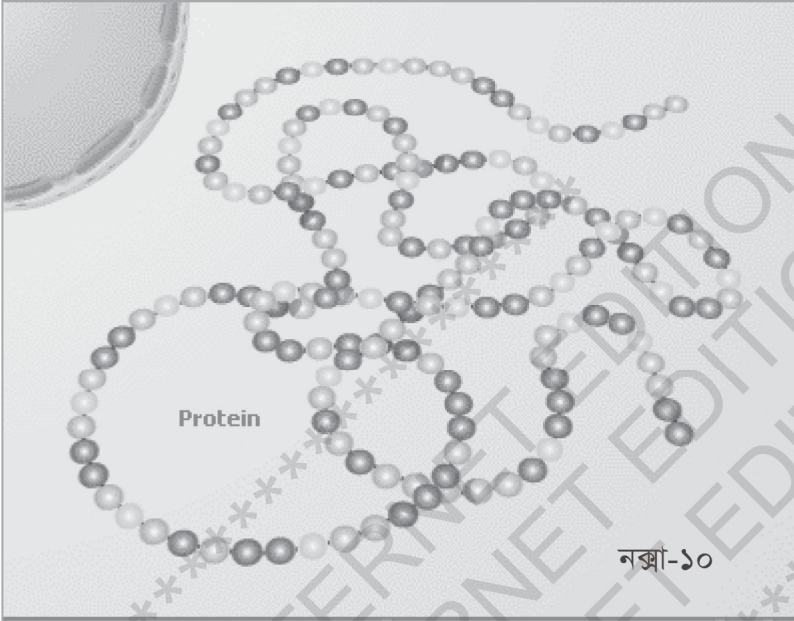
নক্সা-৮
Amino acid
tRNA
C G A
C U A
Polypeptide chain
Anticodon
C G A
U G G
C A U
G A U G C U A C C G U A
mRNA
Ribosome
Codon
নক্সা-৯
Polypeptide chain
C U A
G A U G C U A C C G U A
mRNA
Stop codon
Ribosome

নক্সা-৭: ট্রান্সফার আরএনএ

সাইটোপ্লাজমে মুক্তভাবে ভাসমান থাকে বিভিন্ন ধরনের অনেক ট্রান্সফার আরএনএ (tRNA)। প্রোটিন সৃষ্টিতে ২০টি আমিনো এসিড ব্যবহৃত হয়। টিআরএনএ এসব এসিডের একটিতে যুক্ত হতে পারে। টিআরএনএ এর যে দিকে আমিনো এসিড যুক্ত হবে তার বিপরীত সাইডে আরেক কোডিং সিকুয়েন্স আছে যাকে বলে এ্যান্টিকোডন। এ্যান্টিকোডন হলো তিন-বেইজযুক্ত সিকুয়েন্স যা এমআরএনএ এর একটি বিশেষ কোডনকে সনাক্ত করতে পারে। অপরদিকে এই এ্যান্টিকোডন নির্দিষ্ট করে টিআরএনএ-এর অপরপ্রান্তে কোন ধরনের আমিনো এসিড যুক্ত হবে।

নক্সা-৮: ট্রান্সলেশন

টিআরএনএ আমিনো এসিড নিয়ে এবার রিবোজামে এসে পৌঁছে যায়। আগে বর্ণিত টিআরএনএ-এর এ্যান্টিকোডন এসে এমআরএনএ-এর একটি কোডনের সাথে যুক্ত হয়। অবশ্য যে বিশেষ আমিনো এসিড সে ক্যারী করে সেটির সাথে সম্পর্কিত রেখে এই সংযুক্তি সম্পাদন করে। এরপর দ্বিতীয় একটি টিআরএনএ এসে এমআরএনএ-রিবোজাম কমপ্লেক্সে যুক্ত হয়। এবার প্রথমটি তার আমিনো এসিড এই দ্বিতীয়টিতে ট্রান্সফার করে রিবোজাম থেকে মুক্ত হয়ে যায়। এখন দ্বিতীয় টিএমআরএনএ-তে আছে দু'টি আমিনো এসিড। এরই মাধ্যমে শুরু হলো একটি পলিপেপটাইড চেইন (polypeptide chain)। এবার রিবোজামে এমআরএনএ স্ট্রান্ডকে সরিয়ে সঠিক স্থানে নিয়ে আসে যাতে স্ট্রান্ডের পরবর্তী কোডন একটি নতুন টিআরএনএ-কে আকর্ষণ করে বন্ড তৈরী করতে সক্ষম হয়।

নক্সা-৯: পলিপেপটাইড তৈরী ক্রিয়া বন্ধ হওয়া

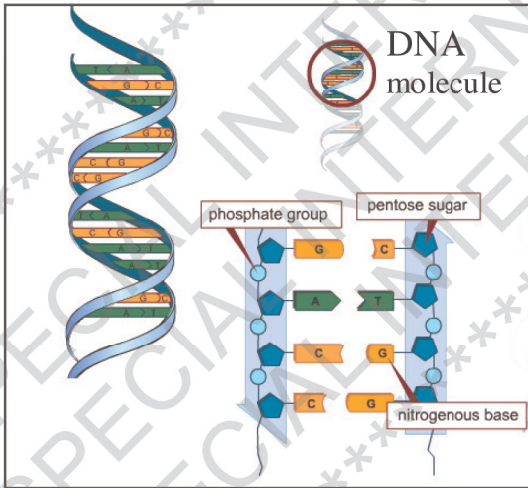
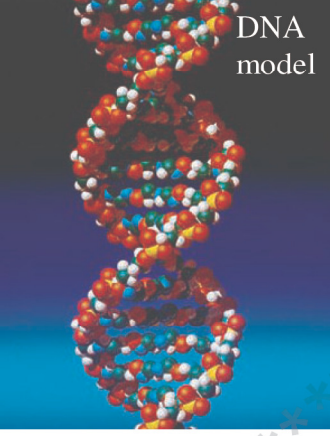
পলিপেপটাইন চেইন এভাবে তৈরী হওয়ার সময় রিবোজাম মেসেঞ্জার আরএনএ স্ট্রান্ডকে সরাতে থাকে যাতে আমিনো এসিডগুলো কোড মুতাবিক গড়ে উঠে। তবে এক পর্যায়ে এসে এই কার্য বন্ধ করতে হবে। এটা তখনই হবে যখন রিবোজাম এমআরএনএ যুক্ত একটি বিশেষ কোডনে পৌঁছবে। এই কোডনকে বলে স্টপ কোডন। এটা রিবোজামকে নির্দেশ করে যে, প্রোটিন উৎপাদন ক্রিয়া শেষ হয়ে গেছে।

নক্সা-১০: প্রোটিন সিনথেসিস শেষ

রিবোজাম থেকে মুক্ত আমিনো এসিড দ্বারা সৃষ্ট এই নতুন প্রোটিন নিউক্লিয়াসের সেই ডিএনএ স্ট্রান্ডে সংরক্ষিত কোডের হুবহু কপি। এখন এটা কাজে লেগে যেতে প্রস্তুত।

ইউনিট ৪.৪. নিউক্লিক এসিড

জ্যান্ত কোষ ও জীবাণু এই এসিডটি তৈরী করে। এটা খুব জটিল একটি মলিকিউল। জ্যান্ত কোষের নিউক্লিয়াস থেকে এগুলো আলাদা হয় বলে এদের নামকরণ হয়েছে নিউক্লিক এসিড (nucleic acid)। এদের মৌলিক দু'টি ফাংশন হলো: জেনারেশন থেকে জেনারেশনে বংশগত তথ্য সংরক্ষণ করে নেওয়া এবং বিশেষ ধরনের প্রোটিন উৎপাদনের সূত্রপাত ঘটানো। নিউক্লিক এসিড এই উভয় ফাংশন ঠিক কিভাবে সম্পাদন করে তার উপর পূর্ণ জ্ঞান আজো অর্জিত হয় নি। বায়োলজিস্টরা এই ফিল্ডে খুব গভীর গবেষণায় জড়িত আছেন। তবে এ

পর্যন্ত গবেষণার ফলাফল হলো, নিউক্লিক এসিডে সংরক্ষিত প্রোটিন সিনথেসিসের কোড জানা হয়ে গেছে।

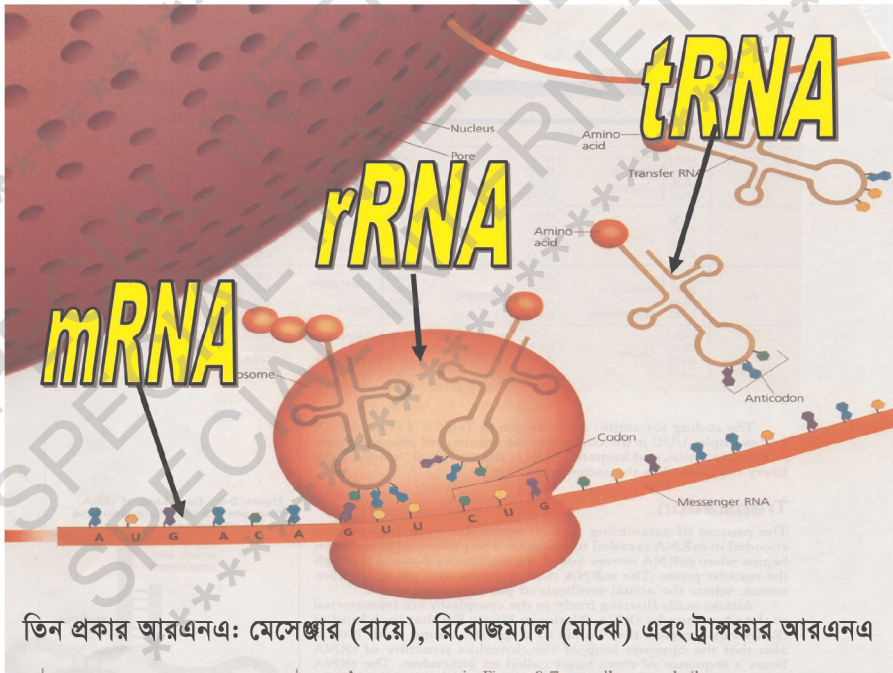
দু'টি বিশেষ ক্লাসের নিউক্লিক এসিড আছে। এর একটি হলো ডিওক্সিরিবোনিউক্লিক এসিড (DNA) এবং রিবোনিউক্লিক এসিড (RNA)। উভয় মলিকিউলের '**মেরুদণ্ড**' হিলিক্যাল (**স্ক্রু**-এর মতো আকারবিশিষ্ট) দণ্ডের বা স্ট্রান্ডের মতো। তাদের মলিকিউলার ওজন লক্ষ লক্ষ। উভয় মেরুদণ্ড বা স্ট্রান্ড একটা আরেকটার সঙ্গে সংযুক্ত থাকে চারটি ক্ষুদ্রকায় ভিন্ন মলিকিউল দ্বারা। আর এই চারটি মলিকিউলের সিকুয়েন্স বা অনুক্রম নির্দিষ্ট করে বিশেষ এই নিউক্লিক এসিডের কোড। এই কোডই কোষকে নির্দেশ করে কিভাবে নিজেকে কপি (reproduce) করতে হবে এবং বেঁচে থাকার জন্য কোন্ কোন্ প্রোটিনের দরকার।

সকল জীবন্ত কোষে জেনেটিক বস্তু ডিএনএ বিদ্যমান। বেকটেরিয়া বা জীবাণুর কোষে ডিএনএ-এর একটিমাত্র স্ট্রান্ড থাকতে পারে। তবে এটিতেই সংরক্ষিত আছে পুনর্জননের জন্য প্রয়োজনীয় যাবতীয় তথ্য। স্তন্যপায়ী প্রাণীদের কোষে অনেক ডিএনএ স্ট্রান্ড থাকে। এগুলো একেকটি গ্রুপে থাকতে ভালোবাসে- আর এই গ্রুপকে বলে ক্রমোজাম (পযৎড়সড়ংড়সব)। মোটকথা, এক কিংবা একাধিক ডিএনএ মিলে যে কাঠামো তৈরী হয় তা-ই নির্দিষ্ট করে পরবর্তী জেনারেশনের আকার, ধরন ও ফাংশন কি হবে। কোন কোন ভাইরাস আছে যাদের মধ্যে শুধুমাত্র আরএনএ মলিকিউল থাকে- কিন্তু ভাইরাসকে সত্যিকার অর্থে একটি জ্যান্ত প্রাণী বলা যায় না।

এই গ্রন্থের প্রাথমিক পরিচ্ছেদগুলোতে সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ নিউক্লিক এসিড ডিএনএ এর কাঠামোর উপর বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরেছি। সুতরাং এখানে পুনরোল্লেখের প্রয়োজন নেই। তবে আরএনএ সম্পর্কে খুব একটা বলা হয় নি। তাই এই নিউক্লিক এসিডের উপর এবার কিছু তথ্য তুলে ধরার প্রয়াস পাচ্ছি।

নিউক্লিক এসিড আরএনএ

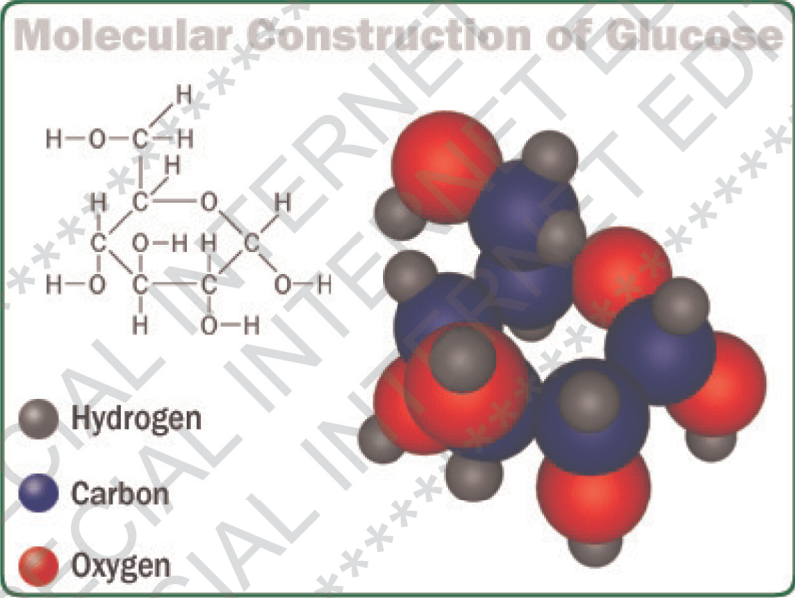
এই গ্রন্থে বর্ণিত এ পর্যন্ত তথ্যাদি থেকে শিক্ষার্থীরা নিশ্চয়ই এ ব্যাপারে অবগত হয়েছেন যে, রিবোনিউক্লিক এসিড (ৎরনড়হুঁপষবরপ ধপরফ - জঘঅ) বহুকোষ এবং একক কোষবিশিষ্ট প্রাণীদের কোষে যে গুরুত্বপূর্ণ কাজে জড়িত তার নাম প্রোটিন সিনথেথিসে (ঢ়ৎড়ঃবরহ ংুহঃযবংরং) মধ্যস্থতা করা। সুতরাং বলা যায় এই এসিড একটি মধ্যস্থতাকারী এজেন্ট। আমরা ইতোপূর্বে বর্ণিত প্রোটিন সিনথেসিসে কিভাবে এটা এই কাজটি সারে তার বর্ণনা তুলে ধরেছি। সুতরাং এখানে আমরা এই মলিকিউলের গঠনপ্রণালীর উপর আমাদের আলোচনা সীমিত রাখবো।

কাঠামো

কোষের মধ্যস্থ আরএনএ-তে আছে একটি মাত্র পালিনিউক্লিওটাইড চেইন (polynucleotide chain) সম্বলিত স্ট্রান্ড। এই স্ট্রান্ড মূলত প্রচুর পরিমাণ নিউক্লিওটাইডের সমন্বয়ে গঠিত। একটি কোষের ভেতর তিন ধরনের আরএনএ

পাওয়া যায়ঃ রিবোজোম্যাল আরএনএ (ribosomal RNA - rRNA); ট্রান্সফার আরএনএ (transfer RNA - tRNA); এবং মেসেঞ্জার আরএনএ (messenger RNA - mRNA)। প্রথমটি থাকে কোষের রিবোজামে (এখানেই প্রোটিন সিনথেসিস সংঘটিত হয়)। দ্বিতীয়টি পাওয়া যায় কোষের সাইটোপ্লাজমে (এরা প্রোটিনের সঙ্গে যুক্ত করার জন্য আমিনো এসিড নিয়ে রিবোজামের নিকট যায়); তৃতীয়টি তৈরী হয় নিউক্লিয়াসে (এর কাজ হলো প্রোটিন তৈরীর কোড ডিএনএ থেকে কপি করে রিবোজামে নিয়ে যাওয়া)। শেষোক্ত এমআরএনএ মলিকিউল যে কোড নিয়ে যায় তা মূলত, প্রোটিনে যেসব আমিনো এসিড সিকুয়েন্স বা পরম্পরায় সংযুক্ত হবে তার একটি ব্লু-প্রিন্ট। তিনটি আরএনএ মলিকিউলই প্রয়োজনে উৎপাদন হতে পারে। আরএনএ মলিকিউলের জন্য ডিএনএ মলিকিউলের বিশেষ অংশ পেটার্ন বা টেমপ্লেট হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

তিন প্রকার আরএনএঃ মেসেঞ্জার (বায়ে), রিবোজম্যাল (মাঝে) এবং ট্রান্সফার আরএনএ

ইউনিট ৪.৫ কার্বহাইড্রেট

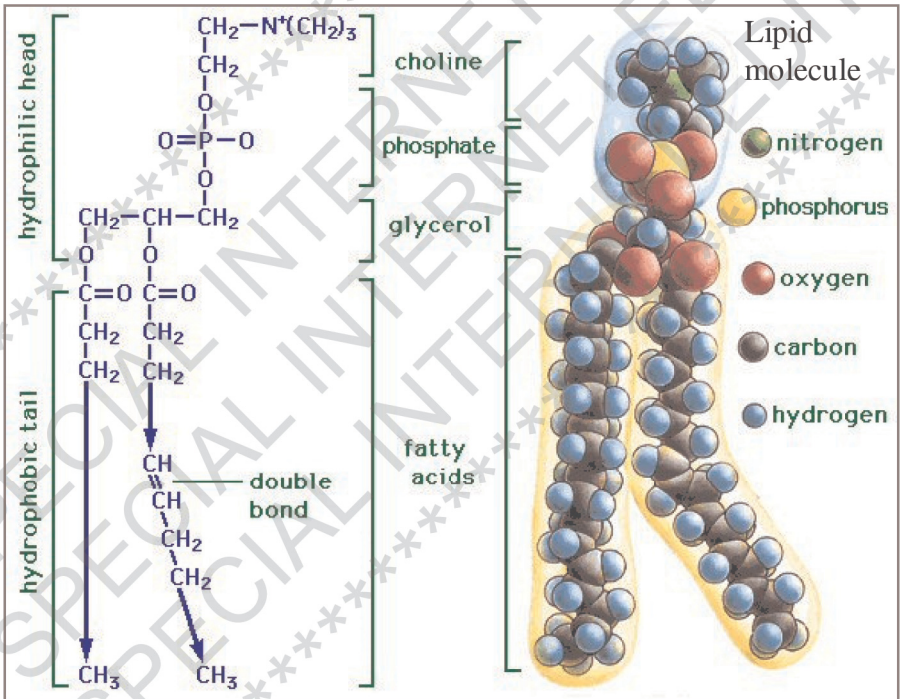
কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এটমের তৈরী মলিকিউলকে বলে কার্বহাইড্রেট। পৃথিবীতে অনেক ধরনের কার্বহাইড্রেট (carbohydrate) পাওয়া যায়। একটি জেনারেল ফরমুলা দ্বারা এসব কম্পাউন্ডের অধিকাংশ মলিকিউলার কাঠামো তুলে ধরা যায়। এই ফরমুলাটি হলোঃ $Cm(H_2O)n$। এখানে m ও n হলো সংখ্যা।

অরগানিক (অর্থাৎ কার্বনযুক্ত) কার্বহাইড্রেট (organic carbohydrate) ক্লাসের মলিকিউলের সংখ্যা অনেক। বাস্তবে এই ক্লাসের কম্পাউন্ডই পৃথিবীতে সর্বাধিক বেশী পাওয়া যায়। ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়ার মাধ্যমে সবুজ বৃক্ষরাজি ও কিছু জীবাণু প্রতিনিয়ত এগুলো তৈরী করে যাচ্ছে। ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়ায় সূর্যের এনার্জি (অর্থাৎ আলোকরশ্মি) কাজে লাগিয়ে বাতাস থেকে

কার্বন ডাইওক্সাইড নিয়ে তৈরী হয় কার্বহাইড্রেটসহ বৃক্ষের প্রয়োজনীয় অন্যান্য কেমিক্যাল। এর ফলেই বৃক্ষরাজি বাঁচে ও বাড়ে।

কার্বহাইড্রেট গ্রুপের মূলত মলিকিউল হলো চিনি (suger), স্টার্চ (starch), ডেক্সট্রিন (dextrin), সেল্যুলুজ (cellulose) ও গ্লাইকোজেন (glycogen)। মানুষসহ প্রায় সকল প্রাণীর খাদ্য হিসাবে এসব বস্তু একান্ত জরুরী। সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ কার্বহাইড্রেট হলো গ্লুকোজ (glucose)। প্রাণীদের ক্ষেত্রে কার্বহাইড্রেট জরুরী কাঠামোগত বস্তু এবং এনার্জি সংরক্ষণ বা স্টোরেজ বস্তু হিসাবে কাজ করে। বৃক্ষরাজিতে সেল্যুলুজ এবং হেমিসেল্যুলুজ (hemicellulose) হলো মূল কাঠামোগত পদার্থ। অমেরুদণ্ডী প্রাণীর কঙ্কাল মূলত কার্বহাইড্রেট জাতীয় পদার্থ পলিসাকারাইড **'চিটিন'** (polysaccharide chitin) দ্বারা গঠিত। অপরদিকে মেরুদণ্ডী প্রাণীদের টিস্যু যেসব কোষ দ্বারা যুক্ত থাকে সেসব কোষের বাইরে কার্বহাইড্রেটের তৈরী একটি স্তর বা কোটিং আছে। এছাড়া কোষের মেমব্রেনেও প্রচুর গ্লাইকোপ্রোটিন (glycoprotein) আছে। এনার্জি স্টোরেজের জন্য বৃক্ষরাজি স্টার্চ ব্যবহার করে আর জীব-জন্তু ব্যবহার করে গ্লাইকোজেন (glycogen)। যে মুহূর্তে এনার্জির প্রয়োজন দাঁড়ায় তখন এনজাইম এসে এসব কার্বহাইড্রেটকে ভেঙ্গে দেয়।

ইউনিট ৪.৬. লিপিড

এসব মলিকিউল বিভিন্ন ধরনের হয়ে থাকে। লিপিড (lipid) পৃথিবীতে বসবাসকারী সকল প্রাণীদের মধ্যে পাওয়া যায়। অন্যান্য অরগানিক ক্লাসের তুলনায় এগুলোর বৈশিষ্ট্য হলো এরা পানিতে গলে না। তবে এলকাহল, ইথার কিংবা অন্যান্য অরগানিক গলনবস্তুতে তা গলে ঠিকই। কোষের মেমব্রেনে একজাতীয় লিপিড আছে। এটাকে বলে ফসফোলিপিড (phospholipid)। বাস্তবে প্লাজমা মেমব্রেনের প্রধান বস্তুই এটা। এই বস্তু থাকার ফলেই কোষের ভেতরে পানির মলিকিউল কিংবা পানিতে গলে এমন বস্তু প্রবেশ অনেকটা সীমিত থাকে। যদি এই সীমিতকরণ ব্যবস্থা না থাকতো তাহলে কোষের মধ্যস্থ অনেক বস্তুই বাইরের বস্তু থেকে আলাদা রাখা সম্ভব হতো না।

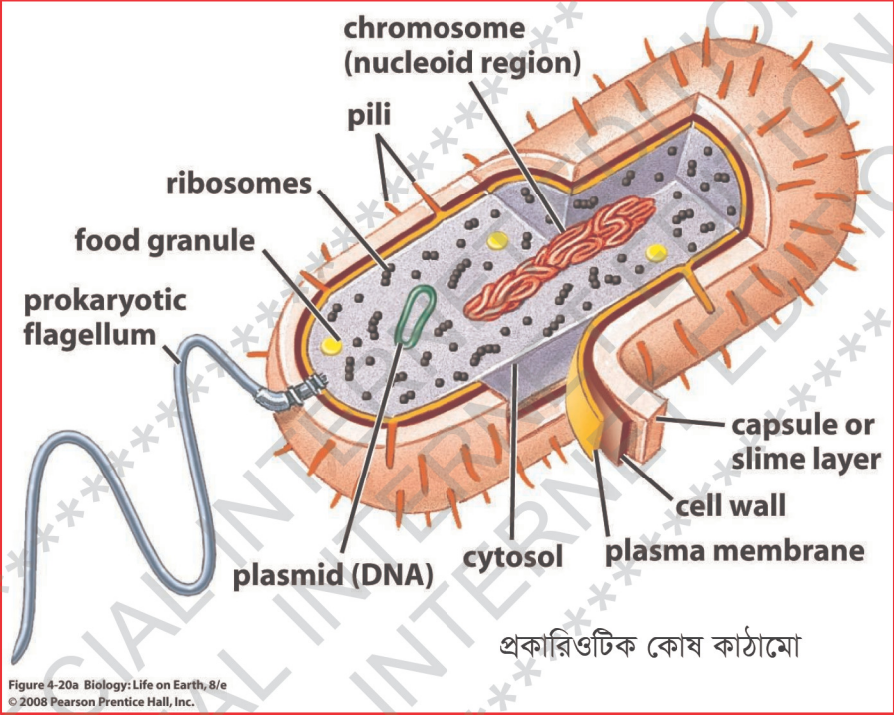
লিপিড মূলত মেদী বস্তু। প্রাণী ও বৃক্ষের কোষে এই মেদী বস্তুই গুদামজাত এনার্জি হিসাবে সংরক্ষিত থাকে। এই জাতীয় লিপিড বস্তুকে বলে ট্রাইগ্লাইসারাইড (triglyceride)। এরূপ প্রতিটি বস্তু তৈরী হয়েছে একটি গ্লাইসারল মলিকিউল ও তিনটি মেদী এসিড মলিকিউল দ্বারা। যে মুহূর্তে কিছু অতিরিক্ত এনার্জি খাদ্য কিংবা ফটোসিনথেসিস থেকে পাওয়া যাবে, কোষ এগুলোকে উক্ত মলিকিউলে স্টোর করে রাখবে। আর প্রয়োজনে এনজাইম এসে এগুলোকে ভেঙ্গে এনার্জি সাপ্লাই নিশ্চিত করতে পারে। কার্বহাইড্রেট কিংবা প্রোটিনের তুলনায় মেদ ও তৈলাক্ত বস্তু দ্বিগুণ এনার্জি স্টোর করতে পারে।

আরেক ধরনের গুরুত্বপূর্ণ লিপিড হলো মোমজাতীয় দ্রব্য। এগুলো দ্বারা প্রাণীদেহের চামড়া একটি নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা হিসাবে আবৃত থাকে। অনুরূপ কোটিং থাকে বৃক্ষের পাতায়ও। স্টেরোইড জাতীয় লিপিড থেকে তৈরী হয় ভিটামিন-ডি ও বিভিন্ন গুরুত্বপূর্ণ হরমোন (hormone)।

ইউনিট ৪.৭. একক কোষবিশিষ্ট প্রাণী (unicelluar organism)

এই গ্রন্থে আমরা যে কোষের উপর প্রায় সকল আলোচনার ফোকাস নির্দিষ্ট রেখেছি তাকে বলে ইউকারিওট কোষ (eukaryote cell)। পৃথিবীর অধিকাংশেরও বেশী প্রাণী-জীবনের কোষ এই ধরনের- যেমন জীব-জন্তু, মানুষ ও বৃক্ষরাজি। ইউকারিওট কোষের মধ্যে আলাদা নিউক্লিয়াস থাকে। তবে আমাদের এই পৃথিবীতে কিছু ক্ষুদ্রকায় প্রাণী পাওয়া যায় যাদের কোষে আলাদা কোন নিউক্লিয়াস নেই। এসব নিউক্লিয়াসহীন কোষবিশিষ্ট প্রাণীরাই হলো প্রকারিওট প্রাণী। ইউকারিওট প্রাণী বহুকোষবিশিষ্ট ও প্রকারিওট প্রাণী হয় একক কোষবিশিষ্ট। এই ইউনিটে আমরা ইউনিসেল্যুলার (unicelluar) প্রাণীদের উপর কিছু তথ্য তলে ধরবো।

কোষ কাঠামো

প্রকারিওটিক কোষের আয়তন তুলনামূলকভাবে ছোট্ট। এদের ব্যাস ০.০০০১ থেকে ০.০০৩ মিমি হয়ে থাকে। এক দু'টো বিশেষ প্রজাতি ছাড়া প্রায় সব কোষের চতুর্দিকে একটি নিরাপত্তামূলক দেওয়াল কোষকে রক্ষা করে। এই দেওয়াল মিউরেইন (murein or peptidoglycan) নামক প্রোটিন-চিনি সম্বলিত একটি বৃহৎ মলিকিউল দ্বারা সৃষ্ট। ইউকারিওটিক ছত্রাক, বৃক্ষ ইত্যাদির কোষে এই মলিকিউল পাওয়া যায় না। কোষের ভেতরে পাতলা প্লাজমা মেমব্রেনও আছে। এটি একদিকে শক্তিশালী এবং অপরদিকে নমনীয়ও। তবে বহুকোষবিশিষ্ট প্রাণীদের কোষের মতো এই কোষের প্লাজমা মেমব্রেনও তৈরী হয়েছে একই উপায়ে। তবে কোষের ভেতর বাইর থেকে আগত বিভিন্ন বস্তুর প্রবেশ-প্রস্থান নিয়ন্ত্রণ ছাড়াও প্রকারিওটিক প্লাজমা মেমব্রেন কিছু অতিরিক্ত ফাংশন আঞ্জাম দেয়। এটা ডিএনএ নকলকরণ (replication) ও এনার্জি

মলিকিউল এটিপি সিনথেসিস কার্যে সক্রিয় ভূমিকা পালন করে। উভয় ক্রিয়া ছাড়া কোষের বিভক্তি সম্ভব হতো না। এছাড়া কোন কোন প্রকারিওটে প্লাজমা মেমব্রেন ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়ার জন্য জরুরী।

প্রকারিওটিক কোষ কাঠামো

প্রকারিওটিক কোষের সাইটোপ্লাজমে পানীয় তরল বস্তু বিদ্যমান। এতে আছে গলিত লবণ, নিউট্রিয়েন্ট, এনজাইম এবং অন্যান্য মলিকিউল। কোষের হাজার হাজার বায়োকেমিক্যাল রিয়েকশনের মধ্যে অধিকাংশই এই সাইটোপ্লাজমে সংঘটিত হয়। সাধারণত প্রকারিওটিক কোষের মধ্যে থাকে একটি মাত্র ডিএনএ মলিকিউল। এটি মুক্তভাবে সাইটোপ্লাজম এলাকায় ভেসে বেড়ায়। এই এলাকাকে নিউক্লিওড বলে। তবে অনেক প্রকারিওট প্রজাতি আছে যাদের ডিএনএ ছোট্ট ছোট্ট রিংয়ের মতো বস্তুর মধ্যে থাকে। সাইটোপ্লাজমে ভাসমান এসব রিংয়ের নাম প্লাজমিড (plasmid)। সকল জাতের কোষের মতো প্রকারিওটিক কোষের মধ্যেও প্রোটিন তৈরীর কাঠামো রিবোজাম (ribosome) আছে। এগুলো

সাইটোপ্লাজমে মুক্তভাবে ভাসমান থাকে। রিবোজামে অবশ্য রিবোনিউক্লিক এসিড (RNA) নামক মলিকিউল অবস্থান করে। দু'টি ভিন্ন ধরনের RNA আছে। এই পার্থক্য নির্ণয়ের মাধ্যমেই বিজ্ঞানীরা নির্দিষ্ট করে নেন প্রকারিওট কোষটি বেকটেরিয়া (জীবাণু) না আরকাবেকটেরিয়া (archaebacteria)।

একমাত্র রিবোজাম ছাড়া প্রকারিওটিক কোষের মধ্যে কোন অরগানেল নাই। অথচ ইউকারিওটিক কোষে নিউক্লিয়াস, ক্লোরোপ্লাস্ট (বৃক্ষের ক্ষেত্রে), মাইটোকন্ড্রিয়া, লাইসোজাম এবং গল্গি এপারেটাস থাকে। এগুলো সবই কোষের অরগানেল। তবে কোন কোন ফটোসিনথেটিক বেকটেরিয়া ও আরকাবেকটেরিয়ার কোষের প্লাজমা মেমব্রেনের সঙ্গে জড়িত একটি অতিরিক্ত অংশ আছে যার নাম ক্রমেটোফোর (chromatophore)। একে থাইলাকোইডও বলে। এটা একটি থলের মতো যেখানে মজুদ থাকে ফটোসিনথেসিসের জন্য জরুরী রঞ্জক (pigment)।

কিছু প্রকারিওট প্রজাতি আছে যাদের কোষের ভেতর খুব শক্তিশালী গাঢ় দেওয়াল থাকে। এগুলোকে বলে এন্ডোস্পোর (endospore)। এই দেওয়াল কাঠামো মূলত ডিহাইড্রেটেড থাকায় খুব বেশী শুষ্কতা ও উচ্চ তাপমাত্রা দীর্ঘ সময়ের জন্য প্রতিরোধ করতে সক্ষম হয়। আনথ্রাক্স (anthrax), টিটেনাস (tetanus) এবং বতুলিজম (botulism) নামক রোগ এরূপ এন্ডোস্পোর তৈরীকারী বেকটেরিয়া থেকে হয়ে থাকে।

পুনর্জনন

অধিকাংশ প্রকারিওট কোষ যেহেতু একেকটি স্বয়ংসম্পূর্ণ প্রাণী তাই তাদেরকে যে কোন উপায়ে পুনর্জনন ক্রিয়া নিশ্চিত করতে হবে। তবে এই বংশবৃদ্ধি অধিকাংশ ক্ষেত্রে যৌনক্রিয়াহীন উপায়ে হয়ে থাকে যাকে বলে এসেক্সুয়েল প্রসেস অব বাইনারি ফিশন (asexual process of binary fission)। ফেন্সিফুল এই কথাগুলোর অর্থ তেমন জটিল কিছু নয়, যা ঘটে মূলত কোষের সাইটোপ্লাজমে ডিএনএ মলিকিউল কপি হয়, এরপর কোষ বিভক্ত হয়ে যায়। প্রতিটি কন্যা

কোষে থাকে একেকটি ডিএনএ মলিকিউলসহ পিতা কোষের যাবতীয় বস্তু। তবে কিছু প্রকারিওট বিভিন্ন উপায়ে জেনেটিক রিকোম্বিনেশন (genetic recombination) ক্রিয়াও ঘটিয়ে থাকে। এই ক্রিয়ার মাধ্যমে জীবাণু অন্য কোন জীবাণু থেকে এক বা একাধিক জিন সরিয়ে এনে নিজের জিনের সঙ্গে যুক্ত করে। এই প্রসেসকে বলে ট্রান্সফরমেশন (transformation)। আরেক প্রসেস আছে যার নাম কনজুগেশন (conjugation)। এই প্রসেসের মাধ্যম দু'টি জীবাণু তাদের জিন রদবদল করে থাকে। আর ট্রান্সডাকশন (transduction) ক্রিয়ার মাধ্যমে একটি ভাইরাস জীবাণুর জিনকে এক প্রাণী থেকে অন্য প্রাণীর মধ্যে নিয়ে যায়।

সব কোষের মতো প্রকারিওট কোষকেও কার্বহাইড্রেট, প্রোটিন, লিপিড এবং নিউক্লিক এসিড উৎপাদন করতে হয়। সুতরাং কার্বন ও এনার্জি কোষের জন্য একান্ত জরুরী উপাদান যা বিভিন্ন সূত্র থেকে আসে। কোন কোন প্রকারিওট কার্বন সূত্র হিসাবে কার্বন ডাইওক্সাইড মলিকিউলকে ব্যবহার করে। যেসব কোষ কার্বন সংগ্রহ করে তাদের বিভিন্ন নাম আছেঃ অটোট্রপ (autotroph); ফটোঅটোট্রপ (photoautotroph); এবং কিমোঅটোট্রপ (chemoautotroph)। প্রথম ধরনের প্রকারিওট এনার্জি সংগ্রহ করে বিভিন্ন সূত্র থেকে - এর মধ্যে ফটোসিনথেসিস (photosynthesis) ও অরগানিক মলিকিউল (organic molecule) উল্লেখযোগ্য। দ্বিতীয়টি এনার্জি পায় সরাসরি আলোকরশ্মি থেকে। এসব প্রকারিওটের দৃষ্টান্ত হলো ফটোনিসথেটিক রঞ্জক-সম্বলিত সাইনোবেকটেরিয়া (cyanobacteria) এবং সবুজ ও গাঢ় রক্তবর্ণ সালফার আরকাবেকটেরিয়া (sulfur archaebacteria)। তৃতীয় ধরনের প্রকারিওট তাদের এনার্জি সূত্র হিসাবে অজৈব পদার্থ ব্যবহার করে যেমন হাইড্রোজেন সালফাইড (hydrogen sulfide), এমোনিয়া (ammonia) এবং লৌহ (iron)। এসব প্রাণীদের মধ্যে মাটিতে অবস্থানকারী জীবাণু নাইট্রোবেকটেরিয়াম (nitrobacterium) এবং নাইট্রোসমোনা (nitrosomona) উল্লেখযোগ্য।

প্রকারিওটের গুরুত্ব

যদিও বৃক্ষ-তরু-লতাসহ পৃথিবীর প্রায় সকল বড় বড় প্রাণীদের কোষ ইউকারিওট ক্যাটাগরীর অন্তর্ভুক্ত তথাপি সকল প্রাণী-জীবনে এককোষ-বিশিষ্ট প্রাণী তথা প্রকারিওটদের ভূমিকাও গুরুত্বপূর্ণ। মানুষের দৈনন্দিন জীবনেও এসব জীবাণু বিরাট ভূমিকা রাখে। নাইট্রোজেন ফিক্সেশন (nitrogen fixation) নামক একটি প্রসেসের মাধ্যমে সাইনোবেকটেরিয়া (cyanobacteria) জীবাণুর অনেক প্রজাতি বায়ুমণ্ডলের নাইট্রেজেনকে বিভিন্ন নাইট্রোজেনযুক্ত কম্পাউন্ডে পরিবর্তন করে যা অন্যান্য অনেক প্রাণী খাদ্য হিসাবে কাজে লাগায়। আধুনিক যুগে নাইট্রোজেন ফিক্সেশন প্রসেস একটি শিল্পে পরিণত হয়েছে। এই প্রসেসের মাধ্যমে এমোনিয়া তৈরী হয়।

আমরা সবাই ফটোসিনথেসিস নামক ক্রিয়ার গুরুত্ব সম্পর্কে পূর্ণ জ্ঞাত। এই প্রতিক্রিয়ার ফলেই আমাদের বায়ুমণ্ডলে পর্যাপ্ত পরিমাণ অক্সিজেন থাকে যা থেকে প্রাণীরা শ্বাস-প্রশ্বাস নেয়। কিন্তু এই অক্সিজেন উৎপাদনে শুধুমাত্র সবুজ বৃক্ষ কাজ করে যাচ্ছে না- অনেক ফটোসিনথেসিস প্রকারিওট জীবাণুও এতে উল্লেখযোগ্য ভূমিকা রাখে। অন্যান্য প্রকারিওট জীবাণু কার্বন, নাইট্রোজেন, ফসফোরাস ইত্যাদি পদার্থ পুনর্ব্যবহারোপযোগী করতে সাহায্য করে। অনেক প্রকারিওট মেডিকেল এবং অর্থনীতির দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। অপরদিকে রোগ জীবাণু যাদের অধিকাংশ প্রকারিওট ইতিহাসব্যাপী মানবজীবনের জন্য বিরাট সমস্যার কারণ হয়ে আছে। টিউবারকিলোসিস (tuberculosis), গনোরিয়া (gonorrhea), প্লেগ (plague), হুপিং কফ (whooping cough), নিউমোনিয়া (pneumonia), সিফিলিস (syphilis) এবং বটুলিজম (botulism) ইত্যাদি রোগের পেছনে প্রকারিওট জীবাণু জড়িত। তবে সব জীবাণু আমাদের জন্য ক্ষতিকর, তা কিন্তু নয়। আমরা ইতোমধ্যে বলেছি কিছু জীবাণু আছে যারা ফটোসিনথেসিস ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত। এছাড়া এক্টিনোমাইসিট (actinomycete) নামক জীবাণু যাদের বাসস্থান মাটি, রোগ জীবাণু ধ্বংসাত্মক উপাদান এ্যান্টিবাইয়োটিক (antibiotic) উৎপাদন করে। এছাড়া অন্যান্য বেকটেরিয়া শিল্পপ্রতিষ্ঠানে ব্যবহার করে ভিটামিন, এনজাইম, অরগানিক এসিড

এবং অন্যান্য খাদ্যদ্রব্যের জন্য উপযোগী বস্তু উৎপাদন হয়। জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং এর ক্ষেত্রে জীবাণুর ব্যবহার অপরিহার্য। এই অত্যাধুনিক প্রসেসের মাধ্যমে উন্নতমানের ঔষধ উৎপাদিত হয়।

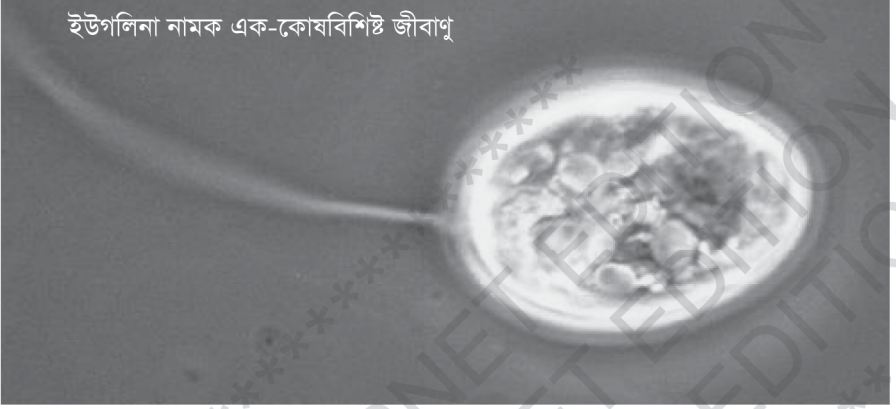
ইউনিট ৪.৮. কোষ ফাংশন (বিচলন, পুষ্টি, এনার্জি)

কোষের বিভিন্ন ফাংশনের উপর আমরা অনেক তথ্যাদি বিভিন্নভাবে তুলে ধরেছি। এখানে আরো কিছু তথ্য যোগান দেওয়া হলো। একটি কোষকে জ্যান্ত থাকতে যেয়ে মৌলিক কিছু ফাংশন সর্বদা অব্যাহত রাখতে হবে। কোন কোন কোষ চলন্ত থাকে। আর বিভক্তি, নিজের দেহে সঠিক কেমিক্যাল বস্তুর নিশ্চয়তা, খাদ্য গ্রহণ ও একে এনার্জি সৃষ্টির জন্য ব্যবহার, মলিকিউল পুনর্ব্যবহার, বর্জ্য বহিষ্করণ, প্রোটিন উৎপাদন ইত্যাদি বহুতরের ক্রিয়া-কলাপে কোষকে সর্বদা জড়িত থাকতে হয়। আমরা নিম্নে অতি সংক্ষেপে এসব ক্রিয়ার স্বরূপ বর্ণনা করবো।

বিচলন

অনেক ইউনিসেলুলার অরগানিজম সাঁতার কাটা, উড়ো দেওয়া, বেগবান হয়ে চলা, খাদ্যের সন্ধানে হাটাহাটি করা কিংবা দুশমনদের আক্রমণ থেকে নিজেকে রক্ষা করার জন্য সরে পড়া ইত্যাদি কর্মকাণ্ডে জড়িত থাকে। সাঁতার কাটতে যেয়ে অধিকাংশ অরগানিজম দীর্ঘ লেজের মতো প্রোটিনের তৈরী কাঠামো ব্যবহার করে যার নাম ফ্লাজেলাম (flagellum)। অনেক জীবাণু আছে যাদের ফ্লাজেলামের সংখ্যা একাধিক। এগুলো ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে তারা সামনের দিকে অগ্রসর হয়। ইউগলিনা (euglena) নামক একটি এক কোষবিশিষ্ট ইউকারিওটিক অরগানিজম আছে যার মধ্যে একটি ফ্লাজেলামও বিদ্যমান। এরূপ ফ্লাজেলাম সাধারণত দীর্ঘ ও গাঢ় হয়ে থাকে। মানুষসহ জীব-জন্তুর ক্ষেত্রে বীর্যকোষ নিজেকে সাঁতার কাটার জন্য এরূপ একটি ফ্লাজেলাম ব্যবহার করে। সে তার ফ্লাজেলাম নেড়ে নেড়ে গর্ভধারণ ক্রিয়া সম্পাদনে ডিম্বকোষের দিকে অগ্রসর হয়। এছাড়া

ডিম্বকোষের ভেতর প্রবেশের সময় শক্তি সংগ্রহ করার উদ্দেশে খুব দ্রুত তার ফ্লাজেলাম ঘুরাতে থাকে।

ইউগলিনা নামক এক-কোষবিশিষ্ট জীবাণু

শুধুমাত্র প্রকারিওটিক কোষের মধ্যে বিচলন আছে তা কিন্তু নয়, অনেক ইউকারিওটিক কোষের মধ্যেও অনুরূপ চলন ব্যবস্থা বিদ্যমান। তবে অধিকাংশ এই বিচলনের জন্য ক্ষুদ্রকায় প্রোটিনের তৈরী চুলের মতো দড়ি ব্যবহার করে- যাদের নাম সিলিয়া (cilia)। কোষের সেন্ট্রিওল এগুলো তৈরী করে থাকে। একেকটি কোষে এরূপ হাজার হাজার সিলিয়া থাকে যাদের মাধ্যমে কোষটি চলতে সক্ষম হয়। যেসব কোষ চলন্ত হয় না তারা তাদের এই সিলিয়াকে অন্য কাজে লাগায়। সিলিয়া থাকার কারণেই অনেক কোষের মধ্যে চুল আছে বলে দৃশ্যমান হয়। আমাদের শ্বাসক্রিয়ায় অসংখ্য সিলিয়া-সর্বস্ব কোষ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। খাদ্যনালী দিয়ে ধূলো-বালি কিংবা ক্ষতিকর মাইক্র-অরগানিজম যাতে ফুসফুসে যেতে সক্ষম হয় না, তা এই কোষগুলো ফিল্টারের মতো কাজ করে নিশ্চিত রাখে। এদের কাজ হলো শ্বাসের সময় যেসব ক্ষতিকর বস্তু শ্বাসনালী দিয়ে ঢুকে যায় তা ফিল্টার করে মিউকাসের (mucus) মধ্যে ফেলে দেওয়া যাতে এগুলো গিলে ফেলা হয়। ফলে বস্তুগুলো ফুসফুসে না গিয়ে পাকস্থলীতে যেয়ে পৌঁছে। ইউকারিওটিক কোষে ফ্লাজেলা ও সিলিয়া তৈরী হয় কোষের প্রান্তদেশে- যাকে বলে বেসেল বডি (basal body)। এটা ছোট্ট একটি প্রোটিন কাঠামো যার অবস্থান কোষের বহির্দেশের অতি নিকটে প্লাজমা মেমব্রেনের ভেতর।

অন্যান্য ইউকারিওট কোষ হামাগুড়ি দিয়ে চলে। এরূপ একটি হলো সাদা রক্তকোষ। এভাবে চলার মধ্যে গতি কম থাকলেও স্রোতের বিপরীত দিকে চলাও সম্ভব হয়। সাদা রক্তকোষ তাই রক্তের স্রোতে ঘুরে বেড়ায় এবং প্রয়োজনে ক্ষতিকর জীবাণু বা ভাইরাসকে ধরে গিলে ফেলে।

পুষ্টি

প্রতিটি জ্যান্ত কোষের পুষ্টিকর খাদ্য প্রয়োজন। এসব নুট্রিশন (nutrition) কোষ বিভিন্নভাবে গ্রহণ করে থাকে। পুকুরের পানিতে গলে-যাওয়া সাধারণ পুষ্টিকর বস্তু জলীয় কোষের প্লাজমা মেমব্রেন ভেদ করে ভেতরে প্রবেশ করতে পারে। এ কাজে সাহায্য করে কোষের মধ্যস্থ কিছু মলিকিউলার পাম্প। মানুষের ক্ষুদ্রান্ত্রের (small intestine) দেওয়ালের কোষ খাদ্য থেকে প্রাপ্ত পুষ্টিকর আমিনো এসিড ও নুট্রিয়েন চুষে নিয়ে রক্তস্রোতে ভাসিয়ে দেয় যাতেকরে এগুলো দেহের অন্যান্য কোষে যেয়ে পৌঁছে।

এনার্জি

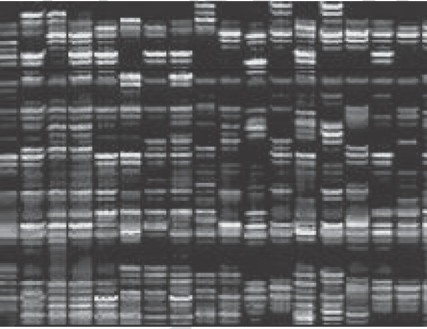
বিভিন্ন কাজ সম্পাদনে প্রতিটি কোষের এনার্জি সাপ্লাই নিশ্চিত হতে হবে। কোষের চলন, মলিকিউল সৃষ্টি ও ভাঙ্গা এবং প্লাজমা মেমব্রেনের মধ্যে বিভিন্ন বস্তুকে পরিচালন ইত্যাদি কাজে শক্তির প্রয়োজন। ইতোমধ্যে বর্ণিত কোষের বাইরে প্রাপ্ত নুট্রিয়েনে এনার্জি বিদ্যমান। কিন্তু এগুলোকে ভেঙ্গে এনার্জিতে রূপান্তর জরুরী। কোষের এনার্জি-ব্যাটারী নামে খ্যাত মলিকিউলের নাম এটিপি (ATP)। একক কোষবিশিষ্ট এবং বহুকোষবিশিষ্ট ইউকারিওটিক অরগানিজম যেমন বৃক্ষ-তরু-লতা, জীব-জন্তু, ছত্রাক ইত্যাদিতে কোষের ভেতর প্লাজমা মেমব্রেনে একটি বিশেষ অরগানেল আছে যার নাম মাইটোকন্ড্রিয়ান। আমরা ইতোমধ্যে এই মাইটোকন্ড্রিয়ানে কিভাবে কোষের মূল এনার্জি মলিকিউল এটিপি উৎপাদন হয় তার বর্ণনা তুলে ধরেছি। এরোবিক (অক্সিজেনযুক্ত) রেসপিরেশন নামক এই ক্রিয়া সম্পর্কে এখানে আবার বর্ণনা নিষ্প্রোয়জন।

মাইটোকন্ড্রিয়ান নেই এরূপ প্রকারিওট কোষও এরোবিক রেসপিরেশন ক্রিয়ার মাধ্যমে এটিপি তৈরী করতে পারে। সে ক্ষেত্রে তারা কোষের সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত বিশেষ কিছু এনজাইম কাজে লাগায়। অনেক প্রকারিওট এমন পারিপার্শ্বিকতায় বাস করে যেখানে অক্সিজেন নেই বললেই চলে। ওসব কোষ তাই এরোবিক রেসপিরেশনের মাধ্যমে এটিপি তৈরীতে অপারগ। সুতরাং তারা অন্য উপায়ে এটিপি উৎপাদন করে যাকে বলে এনারোবিক (অক্সিজেনমুক্ত) রেসপিরেশন। এই ক্রিয়ায় অক্সিজেনের বদলে সালফার কিংবা অন্য কোন বস্তু ব্যবহৃত হয়। আর অপর আরেক উপায়েও কিছু কিছু জীবাণু এটিপি উৎপাদন নিশ্চিত করে। এই পদ্ধতিকে বলে ফারমেন্টেশন (fermentation)। এই প্রসেসে ফারমেন্ট নামক একটি এজাইম কাজ করে।

এখানে আরোও উল্লেখ করা জরুরী যে, এটিপি নামক মলিকিউল উৎপাদনে প্রায় প্রতিটি কোষ যে উপাদানের উপর নির্ভরশীল তা হলো চিনি গ্লুকোজ। আর এই গ্লুকোজ সৃষ্টির শুরু ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়া। জীব-জন্তু ও ছত্রাক

ফটোসিনথেসিস প্রতিক্রিয়া সম্পাদনে অপারগ- তবে সবুজ বৃক্ষ ও কিছু জীবাণু এই প্রতিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। তাদের বানানো গ্লুকোজ শেষ পর্যন্ত প্রত্যক্ষ ও পরোক্ষভাবে জীব-জন্তু আহরণ করে যা থেকে কোষের গ্লুকোজ সাপ্লাই নিশ্চিত হয়।

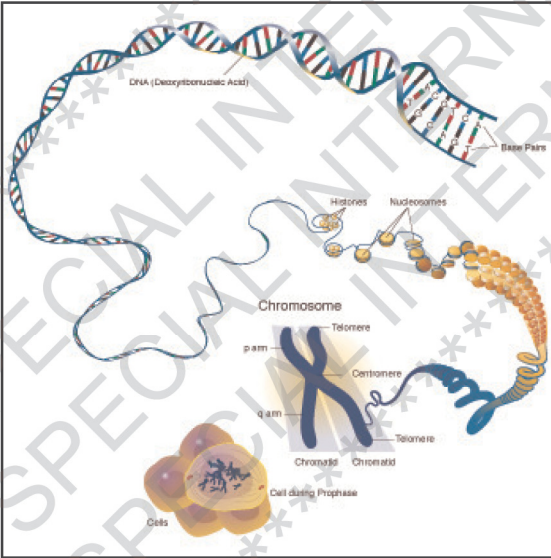
ইউনিট ৪.৯. হিউম্যান জিনোম প্রজেক্ট (human genome project)

মানুষের জেনেটিক তথ্য বা ব্লু-প্রিন্ট জানার জন্য আন্তর্জাতিক একটি বৈজ্ঞানিক যোগাযোগ সংস্থা দীর্ঘদিন গবেষণা চালিয়ে ২০০০ সালে প্রথম সফল ড্রাফ্‌ট ফলাফল প্রকাশ করে। মানবদেহের প্রতিটি কোষের কেন্দ্রে অবস্থিত মলিকিউল ডিওক্সিরিবোনিউক্লিক এসিড (DNA) এই জেনেটিক তথ্য সংরক্ষণ করে রাখে। জিনোম প্রজেক্ট প্রায় ৩১,০০০ জিন চিহ্নিত করেছে। এছাড়া ২৩ জোড়া মানব ক্রমোজামের কোথায় এসব জিনের অবস্থান আছে তা-ও প্রজেক্ট থেকে নির্ণিত হয়েছে। এই প্রজেক্ট ও এ থেকে প্রাপ্ত ফলাফলকে অনেকেই এ পর্যন্ত বিজ্ঞানের সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ আবিষ্কার বলতে দ্বিধা করেন নি- আর এর পেছনে শক্তিশালী যুক্তিও আছে।

জেনেটিক ম্যাপিং : বায়ের চিত্রটি ইলেকট্রন মাইক্রস্কোপ দ্বারা করা হয়েছে। এতে জেল এর কোষের ক্রমোজামের পরম্পরা চিত্রিত হয়েছে। একজন বিশেষজ্ঞ এই ম্যাপ থেকেই কোষ ও এই প্রাণী সম্পর্কে অনেক তথ্য জানতে পারবেন।

মানব জিনোমকে এভাবে সিকুয়েন্সকরণ এবং এ থেকে প্রাপ্ত তথ্যাদি দ্বারা বিজ্ঞানীরা মানুষের মধ্যে বংশগত অনেক রোগের কারণ ও প্রতিকার জানতে পারবেন। অর্থাৎ ক্রমোজামের কোন্ বিশেষ জিনটি রোগের জন্য দায়ী তা সঠিকভাবে সনাক্তকরণ সম্ভব হবে। এছাড়া ডিএনএ মলিকিউলে সংরক্ষিত মানব জিন ও ক্রমোজাম সম্পর্কে এমন কিছু মৌলিক তথ্যাদি জানা হবে যা ইতোমধ্যে অনেকে ভেবেছিলেন হয়তো কোনদিন সম্ভব হবে না। আজকের অধিকাংশ বিজ্ঞানী মনে করেন, হিউম্যান জিনোম প্রজেক্ট অদূর ভবিষ্যতে থেরাপিউটিক ও প্রতিকার মেডিসিনে বৈপ্লবিক পরিবর্তন আনবে। কারণ এখন থেকে গবেষকরা প্রথমবারের মতো মানবিক রোগের মৌলিক বায়োকেমিক্যাল প্রসেস (biochemical process) সম্পর্কে প্রত্যক্ষ জ্ঞান অর্জন করতে পারবেন।

আমরা জানি ক্রমোজামের সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ মলিকিউলের নাম ডিএনএ। ইতোমধ্যে আমরা এই মলিকিউলের উপর বিস্তারিত তথ্য তুলে ধরেছি। ডিএনএ মলিকিউলের মইয়ে যে চারটি বেইজ আছে ওগুলোতেই জেনেটিক কোড সংরক্ষিত থাকে। এই বেইজগুলোর নামও একাধিকবার উল্লেখ করেছি: এডেনাইন, থাইমাইন, গোয়ানাইন ও সাইটোসাইন। কোন্ সিকুয়েন্সে এগুলো জোড়া সৃষ্টি করে আছে তা থেকেই জেনেটিক কোড নির্ণিত হয়। ডিএনএ মইয়ের যে কোন বিশেষ অংশে একেকটি বেইজ জোড়া আছে যাদের সিকুয়েন্স অন্যান্য সকলের তুলনায় একক বৈশিষ্ট্যপূর্ণ। আর যেহেতু একটি জিন হলো ডিএনএ মইয়ের এরূপ একটি অংশ তাই এতেও আছে একটি আলাদা একক বেইজ জোড়া। সুতরাং এই সিকুয়েন্স অন্যান্য জিনের সঙ্গে তুলনা করে আলাদাকরণের একটি পন্থা খোলা হলো। আর হিউম্যান জিনোম প্রজেক্ট এই কাজটিই করেছে- প্রতিটি জিনের একক বৈশিষ্ট্য থাকায় ক্রমোজামে অন্যদের তুলনায় এর অবস্থানের ম্যাপ তৈরী করেছে।

মানব জিনোম (human genome)

আমরা আগেই বলেছি মানব কোষের মধ্যে ২৩ জোড়া ক্রমোজাম আছে এবং এতে প্রায় ৩১ হাজার জিন বিদ্যমান। এই জিনগুলোই হলো মানব জিনোম। তবে একেকটি ক্রমোজামে অন্তত ২৫ কোটি (২৫০ মিলিয়ন) ডিএনএ বেইজ জোড়া আছে। সুতরাং পুরো হিউম্যান জিনোমে অন্তত ৩ বিলিয়ন (৩০০ কোটি) বেইজ জোড়া বিদ্যমান। এসব জোড়ার প্রতিটিই আলাদা কোড। হিউম্যান জিনোম প্রজেক্টে যেসব ডিএনএ নিয়ে গবেষণা করা হয়েছিল তা বিভিন্ন মানুষের রক্ত ও টিস্যু সাম্পুল থেকে সংগ্রহ করা হয়। প্রত্যেক ব্যক্তির জিনোম কিন্তু এককভাবে ডিএনএ সিকুয়েন্সের মাধ্যমে সৃষ্ট। তবে গড়ে দু'ব্যক্তির জিনোমের মধ্যে যে পার্থক্য বিদ্যমান তা ০.০৫ থেকে ০.১ শতাংশ মাত্র। সুতরাং গড়ে ১,০০০ থেকে ২,০০০ নিউক্লিওটাইডের মধ্যে ১টি ভিন্ন হবে। তাই বলা যায় মানব ডিএনএ সাম্পুলে বিভিন্ন ব্যক্তির মধ্যে সাদৃশ্যের তুলনায় পার্থক্য অনেকটা কম।

দু'টি পদ্ধতিতে জিন ম্যাপিং হতে পারে। প্রথমতঃ লিংকেজ বা জেনেটিক ম্যাপিং (genetic mapping)। এ পদ্ধতির মূলে যে জিনিসটি মূখ্য তাহলো, একটি ক্রমোজামে জিনের রিলেটিভ বা আপেক্ষিক ক্রমবিন্যাস (relative order) নির্ণয় করা। দ্বিতীয় উপায়টি হলো সত্যিকার ফিজিক্যাল ম্যাপিং যা অনেক বেশী সঠিক ও যথার্থ। ক্রমোজামে বিভিন্ন জিন ঠিক কতটুকু দূরে অবস্থান করে তাও এ উপায়ে নির্ণয় সম্ভব। উভয় কৌশলে একটি জিনিস জরুরী তাহলো, ডিএনএ সিকুয়েন্সের

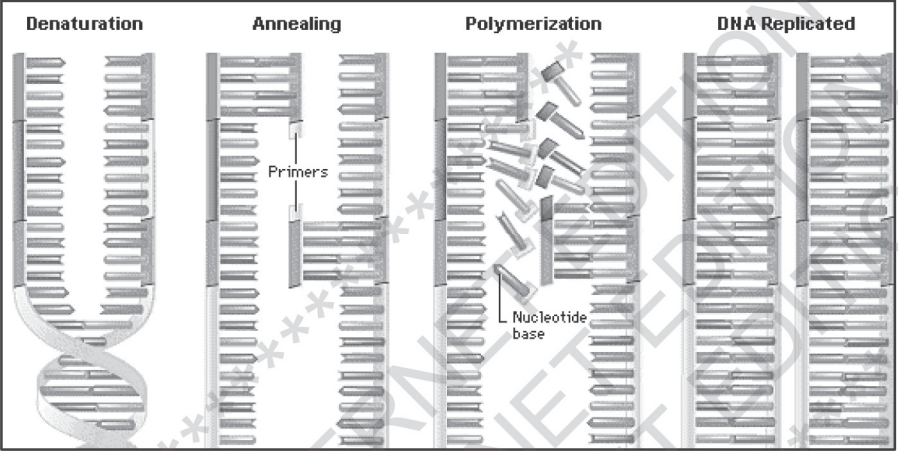
মধ্যে ‘মার্কার’ (marker) বা চিহ্ন স্থাপন। এসব চিহ্ন হলো সনাক্তকরণযোগ্য ফিজিক্যাল ও মিলিকিউলার বৈশিষ্ট্যবলী যা বংশ পরম্পরায় ব্যক্তি বিশেষকে অন্যান্যদের থেকে আলাদা করে।

বড়ো বড়ো পরিবারের বংশানুক্রমিক তথ্য থেকে সাধারণত লিংকেজ ম্যাপ তৈরী হয়। আজকাল লেবেরোটরিতে উন্নত কৌশল অবলম্বন করে বিজ্ঞানীরা অতি সূক্ষ্ম লিংকেজ ম্যাপ তৈরী করতে পারেন। তারা জেনেটিক মার্কার এর সঙ্গে টার্গেট জিনের অবস্থান তুলনা করে ম্যাপ তৈরী করতে পারেন অথবা ডিএনএ মলিকিউলের বিশেষ জানা অংশ থেকেও ম্যাপ বানাতে পারেন।

ফিজিক্যাল ম্যাপিংয়ের বৈশিষ্ট্য হলো ক্রমোজামে বিভিন্ন মার্কারের মধ্যে বাস্তব দূরত্ব নির্ণয়। সর্বাপেক্ষা যথার্থ ফিজিক্যাল ম্যাপিংয়ে রবোট (robot), লেইজার (laser) ও কম্পিউটার ব্যবহৃত হয়। বিভিন্ন মার্কারের মধ্যে যে ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র দূরত্ব বিদ্যমান তা সঠিকভাবে মাপা সহজ ব্যাপার নয়। উন্নতমানের অটোমেটিক সিস্টেম (রবোট), লেইজার দ্বারা সৃষ্ট অতি ক্ষুদ্র আলোকরশ্মি এবং জটিল ও অত্যাধুনিক কম্পিউটার সফটওয়্যার (software) ইত্যাদি যৌথভাবে কাজে লাগিয়ে কাঙ্ক্ষিত ফলাফল অর্জন সম্ভব। হিউম্যান জিনোম প্রজেক্টে এসব যন্ত্রপাতি ও কৌশল ব্যবহৃত হওয়ায়ই ইতিহাসের এক বৈপ্লবিক আবিষ্কার সম্ভব হয়েছে।

ফিজিক্যাল ম্যাপিংয়ের সময় মানব ক্রমোজাম থেকে ডিএনএ বের করে নিয়ে এসে অনেক অংশে একে বিভক্ত করা হয়। এরপর পরীক্ষাগারে প্রতিটি অংশের একাধিক কপি বা ক্লোন তৈরী করা হয় যাতে একাধিকবার বিশেষ জেনেটিক মার্কারের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি পরীক্ষা করা যায়। ওসব ক্লোন যাদের মধ্যে একই মার্কার বিদ্যমান, তা মূল ক্রমোজামের স্তরবিশিষ্ট বা অভারলাপিং অংশ থেকে এসে থাকবে। সুতরাং ক্লোনের এই অংশটুকু পরীক্ষা করে নির্দিষ্ট করা যাবে মার্কারগুলো ক্রমোজামে কোন ক্রমবিন্যাসে আছে।

তাড়াতাড়ি ও সঠিকভাবে ডিএনএ কপিকরণের উপর নির্ভর করে উপরে বর্ণিত উভয় ম্যাপিং কৌশলের সফলতা। গেল শতকের আশির দশকে ডিএনএ কপিকরণের একটি উন্নত কৌশল আবিষ্কৃত হয়। এই কৌশলকে বলে

পলিমারিজ চেইন রিয়েকশন (polymerase chain reaction- PCR; নীচের চিত্রটি ও ক্যাপশন পাঠ করুন)।

পলিমারেইজ চেইন রিয়েকশন (polymerase chain reaction - PCR): এই কৃত্রিম ক্রিয়ায় পলিমারেইজ নামক একটি এনজাইম ব্যবহৃত হয়। ডিএনএ মলিকিউলের একটি অংশ এই ক্রিয়ার মাধ্যমে খুব তাড়াতাড়ি নকল করা যায়। পিসিআর টেকনিকের প্রতিটি সাইকেলে তিনটি পর্যায় আছে। প্রথম স্টেজে ডিএনএ-কে গরম করা হয়। এতে এর দু'টি যুক্ত স্ট্রান্ড আলাদা হয়ে যায়। এই স্টেজের নাম ডিনেচারেশন (denaturation)। দ্বিতীয় পর্যায়ে খুব তাড়াতাড়ি তাপমাত্রা কমিয়ে আনা হয় যাতে শুরুকরণ ডিএনএ অংশ (প্রাইমার) উভয় স্ট্রান্ডে যুক্ত হতে পারে। এই পর্যায়কে বলে আনিয়েলিং (annealing)। তৃতীয় ও শেষ পর্যায়কে বলে পলিমারাইজেশন (polymerization)। এসময় তাপমাত্রা আবার বাড়িয়ে দেওয়া হয় যাতে পলিমারইজ এনজাইম দ্রুত ডিএনএ কপি করতে পারে। প্রত্যেক পিসিআর সাইকেল অবস্থিত ডিএনএ কপি করতে থাকে। সুতরাং মাত্র কয়েক ঘণ্টার মধ্যে পিসিআর টেকনিকের মাধ্যমে ১০০ কোটি (১ বিলিয়ন) ডিএনএ কপি করা সম্ভব।

গত ২০০১ সালের ফেব্রুয়ারীতে একটি ড্রাফ্‌ট হিউম্যান জিনোম সিকুয়েন্স প্রকাশিত হয়। এতে জিনোমের ৯০ শতাংশ মৌলিক ম্যাপ ছিলো। এরপর ২০০৩ সালে প্রকাশিত হয় ঐতিহাসিক পূর্ণাঙ্গ মানব জিনোম সিকুয়েন্স। সুতরাং এখন বিজ্ঞানীদের হাতে মানুষের পূর্ণ এবং তথ্যসম্বলিত জেনেটিক কোডের ব্লু-প্রিন্ট বিদ্যমান। সবশেষে একটি বিরাট সারপ্রাইজ বিজ্ঞানীদের জন্য অপেক্ষা করছিলো। শুরুতে সবাই ধারণা করেছিলেন যে, মানব জিনের সংখ্যা লক্ষাধিক হবে- কিন্তু দেখা গেল আসলে এই সংখ্যা মাত্র ৩১ হাজারের কাছাকাছি। একটি সাধারণ ফল-মাছির (ফ্রুট ফ্লাই) জিনের সংখ্যা থেকে এটা মাত্র দ্বিগুণ থেকে একটু বেশী।

বিজ্ঞানীরা মানব জিনোম ডিকোড করেই থেমে যান নি- তারা এখন বিভিন্ন প্রাণীর বিশেষকরে কিছু জীবাণুর জিনোম ম্যাপ তৈরীর কাজে লেগে গেছেন। এ পর্যন্ত অনেক জীবাণু এবং ঐ ফল-মাছির জিনোম সিকুয়েন্স সম্পন্ন হয়ে গেছে।

এদিকে মানব জিনোম সম্পন্ন হওয়ার পর আরেকদল বিজ্ঞানী গবেষণা শুরু করেছেন কোষের মধ্যে প্রোটিন সৃষ্টির সঙ্গে জড়িত জিনের ফাংশন নিয়ে। এসব জ্ঞান থেকে ভবিষ্যতে উন্নতমানের ঔষধ তৈরী হবে এটাই আশা। নতুন এই গবেষণার নাম হলো প্রটিওমিকস্ (proteomics)। তবে সকল বায়োলজি-ভিত্তিক বৈজ্ঞানিক গবেষণার মতো হিউম্যান জিনোম প্রজেক্টও বিশ্বব্যাপী কিছু বিতর্ক সৃষ্টি করেছে। কারণ, মানুষের জিনের ধরন সবার নিকট প্রকাশ হলে ব্যক্তিস্বাধীনতার জলাঞ্জলি ঘটবে। চিন্তা করুন, আপনার জিনের তথ্য যদি ইন্সুরেন্স কোম্পানীর জানা হয়ে যায় তাহলে কী ফলাফল হতে পারে? কারণ তারা যদি আবিষ্কার করে ফেলে যে আপনার জিনে এক বা একাধিক মারাত্মক বংশগত ব্যাধি আছে তখন ইন্সুরেন্সের টাকা উদ্ধার বেশ কঠিন হয়ে দাঁড়াতে পারে- বা আদৌ আপনাকে ইন্সুরেন্স করা থেকে হয়তো বিরত রাখাও যেতে পারে। মোটকথা জেনেটিক তথ্য- ঐ নীতিশাস্ত্রবিদরা বলেন, আমাদের সবার ব্যক্তিগত সম্পদ। এগুলো সর্বত্র প্রকাশ করা হবে ব্যক্তি স্বাধীনতায় মারাত্মক হস্তক্ষেপের নামান্তর।

এথিক্স ছাড়াও আরো মারাত্মক সমস্যা দাঁড়াতে পারে যদি কোন প্রাইভেট কোম্পানী মানব জিনোমকে বাণিজ্যে রূপান্তর করে দেয়। এ চেষ্টা ইতোমধ্যে হয়েছেও। সুতরাং আমাদের জেনেটিক তথ্যাদি সংরক্ষণের ব্যবস্থা নিশ্চিতকরণেও কার্যকর পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে সংশ্লিষ্ট সকল সংস্থা ও কর্তৃপক্ষকে।

ইউনিট ৪.১০. জিন ও তার ফাংশন

আমরা ইতোমধ্যে জিন সম্পর্কে বেশ কিছু পরিচিতিমূলক তথ্য তুলে ধরেছি। তবে কোষের মধ্যে জিনের গুরুত্ব এতোই বেশী যে, এর উপর আলাদা একটি ইউনিটে কিছু আলোচনা ছাড়া ব্যাপারটি অনেকটা অসম্পূর্ণ থেকে যাবে।

ক্রমোজামের অভ্যন্তরে ডিএনএ-তে জিনের অবস্থান

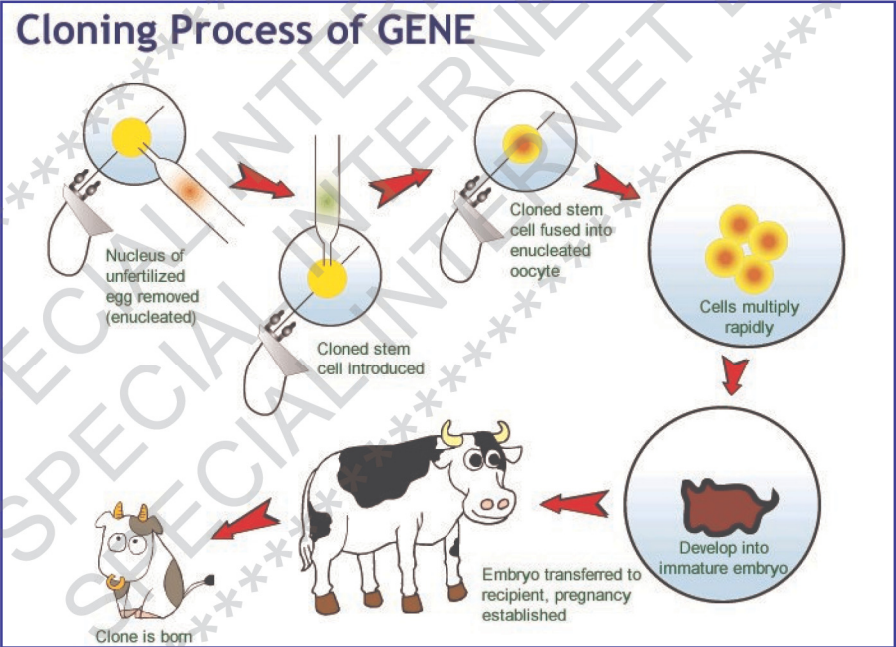
পাঠকদেরকে আশারাখি এটা আর বুঝিয়ে বলার প্রয়োজন নেই যে জিনের মধ্যে সংরক্ষিত থাকে বংশগত তথ্য যার উপর নির্ভরশীল পরবর্তী প্রজন্মের যাবতীয় ফিজক্যাল কাঠামো। জিনগুলোই নির্দিষ্ট করে বৃক্ষের পাতার ধরন, আয়তন, রং, আকার ইত্যাদি কি করম হবে; বিড়ালের লোমের রং ও অন্যান্য গুণাবলী কি কি হবে; আর আপনার আমার চুলের কিংবা চামড়ার রং কালো, বাদামী, শ্যামলা, ফর্সা না অন্য কিছু হবে তা জিন দ্বারাই নির্দিষ্ট হয়। আমরা ইতোমধ্যে অনেকবার বলেছি জিন থাকে ডিএনএ নামক জটিল একটি ডবল হিলিক্সসম্পন্ন মলিকিউলে। কোষের নিউক্লিয়াসে (আর এক-কোষবিশিষ্ট প্রাণীদের ক্ষেত্রে সাইটোপ্লাজমে) ক্রমোজাম নামক কাঠামোয় এই ডিএনএ বাস করে। এই মলিকিউলের একেকটি অংশই হলো জিন দ্বারা সৃষ্ট। জিনের মধ্যস্থ তথ্যের উপর ভিত্তি করেই কোষের মধ্যে প্রোটিন সিনথেসিস হয়। আর প্রোটিনকে বলে মলিকিউলার ওয়ার্কহর্স। কোষের এসব প্রোটিনই জীবন রক্ষাকারী বিভিন্ন ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত।

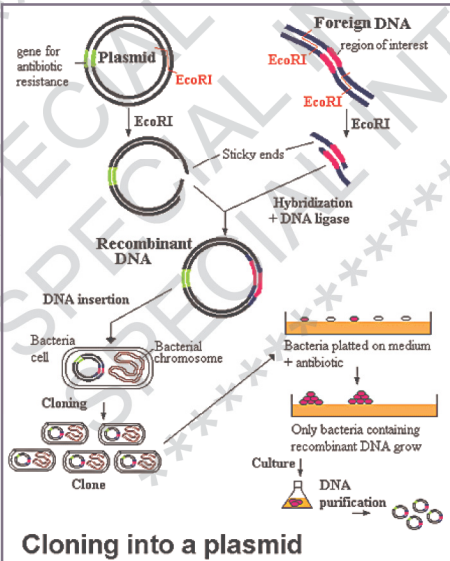
প্রতিটি ক্রমোজামে থাকে অসংখ্য জিন। আর প্রত্যেক জিন ক্রমোজামের একটি বিশেষ স্থানে অবস্থান করে। এই স্থানটির নাম লোকাস (locus)। ঠিক ক্রমোজামের মতোই জিনও জোড়ায় জোড়ায় থাকে। জোড়ায় অবস্থানকারী একটি জিন যদি কোন একটি ক্রমোজামে থাকে তাহলে এই ক্রমোজাম জোড়ার অপরটিতে আরেক জোড়া জিন একই লকাসে পাওয়া যায়- এভাবে সম্পর্কিত জিনদ্বয়কে বলে অ্যালিয়েল (alleles - বহুবচনে)। আর পরীক্ষা করে দেখা গেছে অ্যালিয়েল্‌স মূলত একই জিনের পর্যায়ক্রমিক রূপ মাত্র। বিষয়টি বুঝার জন্য একটি গাছের কথা বলা যেতে পারে। যে জিনের কারণে এই গাছটি বেটে হয়েছে সেই জিনের অ্যালিয়েল থেকেই আরেকটি একই ধরনের গাছ লম্বা হবে। অ্যালিয়েল জিনের বৈশিষ্ট্য ও চরিত্র কিভাবে বংশানুক্রমে প্রভাব ফেলে তা কিছু বিশিষ্ট পেটার্ন মুতাবিক হয় যা অনুমান করা সম্ভব।

ইউনিট ৪.১১. জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং (genetic engineering)

অপেক্ষাকৃত নতুন এই ইঞ্জিনিয়ারিং ডিসিপ্লিন হলো কৃত্রিম উপায়ে বৃক্ষ-তরু-লতাসহ কোন প্রাণীর ডিএনএ এবং অন্যান্য নিউক্লিক এসিডকে পরিবর্তন, সংস্কার, পরিবর্ধন, পুনর্বিন্যস্ত ইত্যাদি করা। প্রাথমিক পর্যায়ে জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং বলতে বায়োকেমিক্যাল সকল কলা-কৌশল যেমন কৃত্রিম পরনিষেক (artificial insemination), মানব শিশু জন্মানোর জন্য টেস্ট-টিউব টেকনিক, বীর্য ব্যাংক, ক্লোনিং এবং জিন পরিবর্তন ইত্যাদিকে বুঝাতো। কিন্তু আজকাল জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং শুধুমাত্র কোষের কেন্দ্রে অবস্থিত ডিএনএ নিয়ে কাজ করার মধ্যে সীমাবদ্ধ হয়ে গেছে। এটাকে কেউ কেউ জিন ক্লোনিং (gene cloning) বলে আখ্যায়িত করেছেন।

জিন ক্লোনিং (gene cloning)

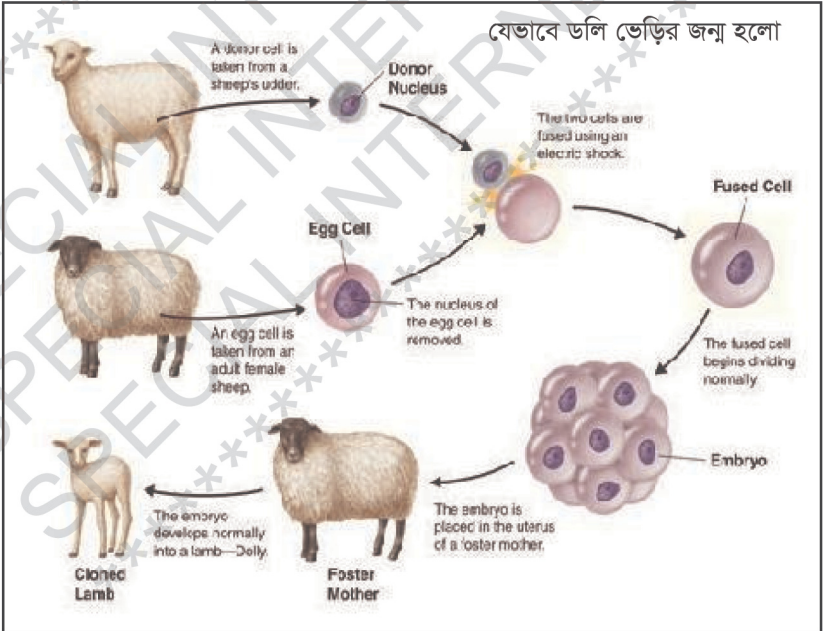
এই কৌশলটির মৌলিক পদ্ধতি নীচের চিত্রে তুলে ধরা হয়েছে। দুই বা ততোধিক সূত্র থেকে প্রাপ্ত ডিএনএ মলিকিউল নিয়ে একত্র করা হয় কোষের ভেতরে না হয় বাইরে। একত্রিতকরণ শেষ হওয়ার পর এই পরিবর্তিত ডিএনএ এবার একটি পরাশ্রয়ী প্রাণীর মধ্যে প্রবেশ করানো হয়। এতে নতুন এই ডিএনএ কোষের মধ্যে বিস্তার লাভ করে। সুতরাং জিন ক্লোনিং এর মাধ্যমে নতুন জেনেটিক মিশ্রণ ঘটানো সম্ভব যা বিজ্ঞান, মেডিসিন, কৃষি ও শিল্পে মূল্যবান বস্তু হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে।

আমরা জানি ডিএনএ হলো জেনেটিক তথ্য বহনকারী মলিকিউল। আর এই তথ্যকে সে প্রোটিন সিনথেসিসের মাধ্যমে বাস্তবে রূপান্তর করে। অধিকাংশ ডিএনএ ইঞ্জিনিয়ারিং কার্যে (এই পদ্ধতিকে বলে DNA recombinant technology) পরীক্ষাগারে সচরাচর ব্যবহৃত বেকটেরিয়ার প্লাজমিডে বহিরাগত জিন ঢুকানো হয়। প্লাজমিড হলো ছোট্ট ছোট্ট ডিএনএ রিং। এগুলো বেকটেরিয়ার মূল জেনেটিক তথ্য বহনকারী ডিএনএ নয়। তথাপি, এগুলোও প্রোটিন সিনথেসিস ক্রিয়া সংঘটনে সক্ষম। ক্রমোজামের মূল ডিএনএ মলিকিউল যেভাবে কোষ বিভক্তির সময় কপি হয় ঠিক সেভাবে এগুলোও কপি হয়ে পরবর্তী জীবাণুর পরবর্তী প্রজন্মে সংরক্ষিত হয়। বলা যায় প্লাজমিডে অবস্থানরত এসব ডিএনএ জীবাণুর রিজার্ভ জেনেটিক তথ্য। সুতরাং এই অতিরিক্ত ডিএনএ-তে গবেষকরা যদি কোন বহিরাগত যেমন স্তন্যপায়ী প্রাণীর ডিএনএ সংমিশ্রণ ঘটান তাহলে মিশ্রিত জিনের প্রায় অসীমিত কপি পাওয়ার সম্ভাবনা উন্মোচন হবে। আর সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ ব্যাপার হলো এই যুক্ত বহিরাগত জিনটি যদি কার্যকরী হয় (মানে এটি যদি প্রোটিন সিনথেসিস সৃষ্টিতে ভূমিকা পালন করতে সক্ষম হয়ে থাকে) তাহলে জেনেটিক্যালী পরিবর্তিত তথা মডিফাইড এই জীবাণু সেই বহিরাগত ডিএনএ দ্বারা নির্দেশিত পদ্ধতিতে প্রোটিন উৎপাদন করবে।

Cloning into a plasmid

উপরে বর্ণিত উপায়ে আজকাল **'ডিজাইনার'** প্রোটিন সৃষ্টি হচ্ছে। জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং গেল শতকের সত্তুর দশকের প্রথমে আত্মপ্রকাশ করে। আমেরিকান বায়োকেমিস্ট স্টানলি এন কোহেন ও হার্বাট ডব্লিউ বয়ার ১৯৭৩ সালে সর্বপ্রথম ডিএনএ কেটে একাধিক অংশে বিভক্ত করেন। এরপর বিভিন্ন অংশ আবার মিশিয়ে তা, ই. কলি (e. coli) নামক একটি জীবাণুর মধ্যে প্রবেশ করান। ই. কলি তখন পুনর্জনন শুরু করে।

জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং দ্বারা কোষের উপর আমাদের জ্ঞান অনেকটা বৃদ্ধি পেয়েছে। আমরা এখন জিনের থিওরীটিক্যাল এবং প্রাকটিক্যাল এই উভয় দিক থেকে অনেক বেশী অবগত হয়েছি এই ডিসিপ্লিনটির উন্নয়নের ফলে। রিকোম্বিনেন্ট ডিএনএ টেকনিকের মাধ্যমে জীবাণু সৃষ্টি করা হয়েছে যারা মানবিক ইনসুলিন (human insulin), গ্রোথ হরমোন (growth hormone), আলফা ইন্টারফেরন (alpha interferon), হিপাটাইটিস-বি ভেক্সিন (hepatitis B vaccine) এবং অন্যান্য মেডিক্যাল বস্তু সিনথেসাইজ করতে সক্ষম। উদ্ভিদ বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং দ্বারা নাইট্রোজেন ফিক্সেশন (nitrogen fixation) ক্রিয়া এবং জেনেটিক রোগ থেকে মুক্ত করা সম্ভব হচ্ছে।

ইঞ্জিনিয়াররা খারাপ জিনকে ভালো জিন দ্বারা প্রতিস্থাপন করে উদ্ভিদকে জেনেটিক রোগ থেকে মুক্ত করছেন। তবে এই ফিল্ডে বেশীদূর অগ্রসর হওয়ার মধ্যেও বিরাট অশনি সংকেত আছে। জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং মূলত মানুষই করে থাকে- সুতরাং ভুল-ভ্রান্তি ছাড়াও অতিলোভ মানব চরিত্রের একটি অন্ধকার দিক। এসব থেকে মানুষ মুক্ত হতে পারবে না। জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিংয়ের মাধ্যমে মারাত্মক রোগ জীবাণু সৃষ্টি, বিষাক্ত বস্তু উৎপাদন আর বিশেষকরে এ্যান্টিবাইয়োটিক রেজিসটেন্স জীবাণু সৃষ্টি আদৌ অসম্ভব নয়। আর এ কারণেই **'জেনেটিক্যালী মডিফাইড'** খাদ্য (তথাকথিত GM Foods) বিরোধী পাবলিক সচেতনতা ক্যাম্পেইন চলছে পুরো বিশ্বব্যাপী। অনেকে মনে করেন, এসব খাদ্য যদিও এখন সম্পূর্ণ নির্দোষ ও খাওয়ার উপযোগী তথাপি ভবিষ্যতে এ থেকে সৃষ্টি হতে পারে একাধিক জেনেটিক্যাল রোগ-ব্যাধি যা থেকে আমরা মুক্ত হতে পারবো না। তাই জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং থেকে সুফল যা বেরিয়ে আসছে তার থেকেও অধিক কুফল আত্মপ্রকাশ করা অসম্ভব নয়, বিধায় এই ফিল্ডে খুব সতর্কতাসহ সবাইকে অগ্রসর হতে হবে।

ইউনিট ৪.১২. ক্লোনিং

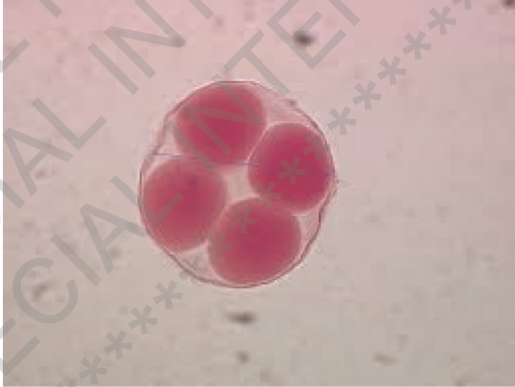
আমরা ইতোমধ্যে জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারিং এর উপর আলোচনাকালে ক্লোনিং (cloning) বা কপিকরণ ক্রিয়ার কথা উল্লেখ করেছি। এই ইউনিটে ব্যাপারটি আরো একটু বিস্তারিতভাবে বুঝিয়ে বলার প্রয়াস পাচ্ছি। এই টেকনিকের মাধ্যমে একটি কোষ কিংবা পুরো একটি জীবীকে 'কপি' করা যায়। প্রত্যেক এরূপ কপির মধ্যে থাকে হুবহু জেনেটিক কাঠামো। ক্লোনিং সাধারণত কৃত্রিম উপায়ে প্রাণী সৃষ্টিকে বুঝায়। ক্লোনিং শব্দটি কানে বাজলেই মনে পড়ে যায় **'ডলি দ্যা শিপ'** (dolly the sheep - ডলি ভেড়ি) এর কথা। কিন্তু বাস্তবে এই পৃথিবীতে অনেক মাইক্রঅরগানিজম আছে যারা ক্লোনিং দ্বারা অস্তিত্ব বজায় রাখে। বিজ্ঞানীরা ক্লোনিং টেকনিক ব্যবহার করে মেডিসিন, বায়োলজিক্যাল গবেষণা এবং শিল্পে উন্নয়ন আনয়নের চেষ্টা চালাচ্ছেন।

কোষ ক্লোনিং

বিজ্ঞানীরা প্রাথমিক পর্যায়ে পরীক্ষাগারে কোষ ক্লোনিং (cell cloning) উপায় উদ্ভাবন করেন। একটি মাত্র কোষকে তারা বিভক্তির মাধ্যমে কপি হওয়ার সুযোগ তৈরী করে দেন। সুতরাং এই প্রসেসে প্রথমে মূল কোষটিকে কালচার মিডিয়ামে (culture medium - কোষ জ্যান্ত থাকার জন্য জরুরী নিউট্রিয়েন) রাখা হয়। কোষের নেচারেল প্রসেস মাইটোসিস ক্রিয়ার মাধ্যমে তা বিভক্ত হয়ে পড়ে। এই প্রসেসের মাধ্যমেই দেহের মধ্যস্থ একই ধরনের কোষ বিভক্ত হয়, যাদের প্রত্যেকটিতে থাকে জেনেটিক্যালী অপরিবর্তিত তথ্য। এরপর বিজ্ঞানীরা এই নেচারেল পদ্ধতিতে সংঘটিত ক্লোনিং ক্রিয়াকে একধাপ এগিয়ে নিয়ে যান।

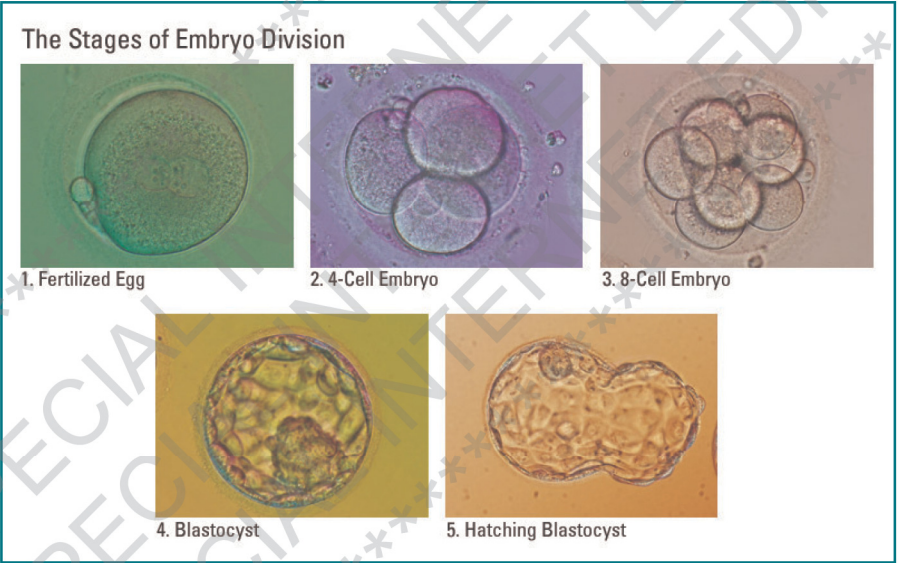
বিজ্ঞানীরা এবার জন্তুর ভ্রূণ (embryo) নিয়ে ক্লোনিং ক্রিয়া সম্পাদনে অগ্রসর হলেন। প্রাণীদেহের প্রতিটি কোষই একটি মাত্র মূল কোষ থেকে সৃষ্ট। এই কোষটি হলো গর্ভধারণ-কৃত ডিম্বকোষ (fertilized egg)। এই ডিম্বকোষ বিভক্ত হয়ে একটি ভ্রূণে পরিণত হয়। আর ভ্রূণের প্রতিটি কোষের মধ্যে আছে একই জেনেটিক গঠন। তবে এক পর্যায়ে কোষের মধ্যে পার্থক্য সৃষ্টি হয়ে একেকটি একেক কাজের জন্য বিশেষজ্ঞ হয়ে ওঠে। যেমন একটি হৃদযন্ত্রের কোষ ও একটি লিভার কোষের ফাংশন ভিন্ন যদিও তাদের মৌলিক জেনেটিক গঠন একই।

গত শতকের পঞ্চম দশকে বিজ্ঞানীরা বিশেষ কোষে পরিণত হওয়ার পূর্বে ভ্রূণের কোষ নিয়ে গবেষণা শুরু করলেন। তারা এটা আবিষ্কার করলেন যে, এরূপ কোষ মূলত ফ্লেক্সিবুল (totipotent)। যে কোন কোষ যে কোন কাজের জন্য উন্নীত হতে সক্ষম। কোষের এই বৈশিষ্ট্য গবেষণা করে কোষ বিজ্ঞানীরা ভ্রূণের ক্লোনিংয়ের তিনটি বিশেষ পদ্ধতি ডেভেলাপ করেন। এই পদ্ধতিগুলো হলোঃ ব্লাস্টোমিয়ার সেপারেশন (blastomere separation), ব্লাস্টসিস্ট ডিভিশন (blastocyst division) এবং সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার (somatic cell nuclear transfer)। আমরা এবার একে একে এসব কৌশলের উপর বিস্তারিত বর্ণনা করবো।

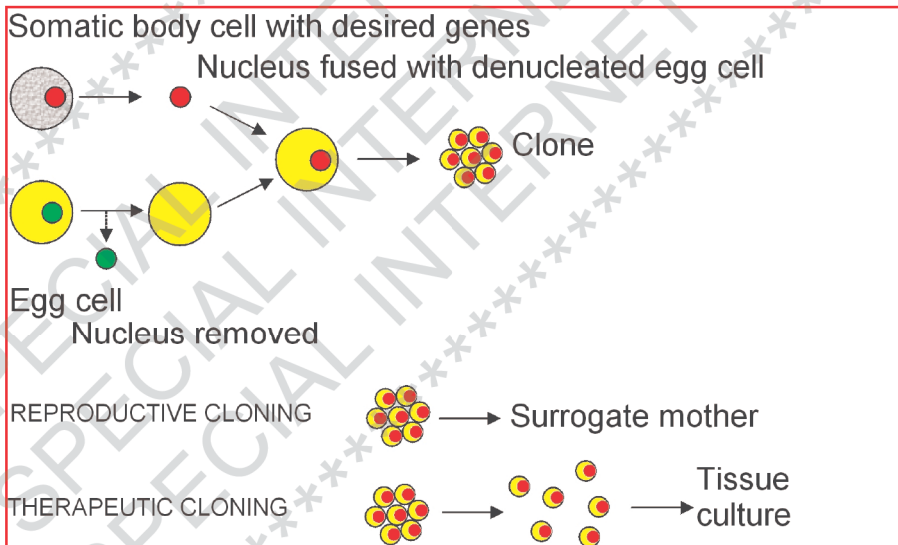
১. ব্লাস্টোমিয়ার সেপারেশন

বিজ্ঞানীরা ব্লাস্টোমিয়ার সেপারেশনের সময় পরীক্ষাগারের পাত্রে প্রথমে একটি ডিম্বকোষকে শুক্রকোষ দ্বারা ফলনশীল (fertilize) করেন। নতুন এই ভ্রূণটিকে (embryo) এবার স্বয়ংক্রিয়ভাবে বিভক্ত হতে দেওয়া হয়। চারটি নতুন কোষ সৃষ্টি হওয়ার পর বিজ্ঞানীরা পুরো ভ্রূণের বাইরের পাতলা পর্দা সরিয়ে ফেলেন। এরপর এটিকে একটি বিশেষ সলুশনের মধ্যে রাখা হয়। এই তরল পদার্থে থাকার ফলে কোষগুলো আলাদা হয়ে যায়। এভাবে আলাদা হওয়া কোষকেই বলে ব্লাস্টোমিয়ার (blastomere)। তারপর প্রত্যেকটি ব্লাস্টোমিয়ারকে আলাদাভাবে কালচারে রাখা হয় যাতে করে চারটি ভিন্ন ভ্রূণ ডেভেলাপ করে। যেহেতু একই ডিম্বকোষ থেকে এই চারটি ভ্রূণ সৃষ্ট তাই প্রতিটিই একে অন্যের কপি বা ক্লোন হবে। এই জেনেটিক্যালী ক্লোন করা ভ্রূণ যে কোন সারোগেট (surrogate) মায়ের গর্ভাশয়ে রাখা যাবে যাতে এটি স্বাভাবিকভাবে বড়ো হয়ে ওঠতে পারে।

৪ কোষ ব্লাস্টমিয়ার

২. ব্লাস্টসিস্ট ডিভিশন

উপরোক্ত ব্লাস্টোমিয়ার সেপারেশন পদ্ধতিতে ডিম্বকোষকে ফলনশীল করার পর বিজ্ঞানীরা চারটির বদলে ৩২ থেকে ১৫০ টি পর্যন্ত কোষ বিভক্তি হওয়ার সুযোগ দেন। একেই বলে ব্লাস্টসিস্ট ডিভিশন (blastocyst division)। এটা করার মূল উদ্দেশ্য হলো সারোগেট মায়ের গর্ভে একই সাথে দু'টি আইডেনটিক্যাল জমজ শিশু বেড়ে ওঠার সুযোগ সৃষ্টি করে দেওয়া। বিজ্ঞানীরা প্রথমে ঐ ব্লাস্টসিস্টকে বিভক্ত করেন তারপর তা মায়ের গর্ভে ঢুকানো হয়।

৩. সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার

উপরোক্ত উভয় পদ্ধতিতেই পিতা ও মাতা উভয়ের যৌনকোষ ব্যবহার অপরিহার্য। কিন্তু বিজ্ঞানীরা ধারণা করে আসছিলেন যে, জীব-জন্তুর যে কোন কোষ থেকেও নতুন প্রাণী জন্ম নেওয়া সম্ভব। কারণ, প্রতিটি কোষেই একটি

প্রাণীর যাবতীয় জেনেটিক তথ্য সংরক্ষিত থাকে। সুতরাং সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার (somatic cell nuclear transfer) হলো, বিজ্ঞানীরা প্রথমে যে কোন প্রাণীর দেহের একটি কোষ (যা যৌন কোষ নয়) যাকে বলে সোম্যাটিক সেল (somatic cell), সংগ্রহ করেন। এরপর এটিতে সংরক্ষিত জেনেটিক তথ্যাদি একটি নিউক্লিয়াসহীন ডিম্বকোষের মধ্যে ট্রান্সফার করেন। যে ডিম্বকোষ থেকে নিউক্লিয়াস সরিয়ে নেওয়া হয় একে বলে ইনুক্লিয়েটেড এগ সেল (enucleataed egg cell)। এটা কেন ইনুক্লিয়েটেড করা হয় তাতো পাঠকরা বুঝতেই পারছেন। ডিম্বকোষ তো মূলত প্রাণীর যৌনকোষ। কিন্তু সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার প্রক্রিয়ায় কোন যৌনকোষ ব্যবহৃত হবে না- অন্তত সরাসরি হবে না এটাই উদ্দেশ্য। সুতরাং যেই মুহূর্তে ডিম্বকোষের নিউক্লিয়াস সরিয়ে নেওয়া হবে তখন এটির মধ্যে সেই ডিএনএ থাকবে না যাতে প্রজননের যাবতীয় তথ্য সংরক্ষিত আছে।

উক্ত সোম্যাটিক কোষ থেকে ইনুক্লিয়েটেড কোষে জেনেটিক তথ্যাদি সংযুক্তির ফলে এখন এটিতে একটি নিউক্লিয়াস আছে যার জেনেটিক তথ্যাদি সম্পূর্ণটা ঐ সোমাটিক ডোনার কোষের। উভয় কোষ সংযুক্তি করতে যেয়ে বিজ্ঞানীরা যে দু'টি

পদ্ধতি অবলম্বন করেন তাহলো ফিউশন ও ইঞ্জেকশন (fusion & injection)। ফিউশন পদ্ধতির মাধ্যমে যুক্ত করার উপায় হলো, খুব সতর্কতাসহ একটি ইনুক্লিয়েটেড ডিম্বকোষের সঙ্গে লাগিয়ে রাখেন ডোনার সোম্যাটিক কোষকে। এরপর একটি ইলেকট্রিক তরঙ্গ চালনা করে সোম্যাটিক কোষের নিউক্লিয়াসকে ধাক্কা দিয়ে নিউক্লিয়াসমুক্ত ঐ ডিম্বকোষের ভেতর ঢুকিয়ে দেওয়া হয়। ইঞ্জেকশন পদ্ধতি অনেকটা সহজ। বিজ্ঞানীরা বিশেষ সিরিঞ্জের মাধ্যমে সোম্যাটিক কোষের নিউক্লিয়াসকে ইনজেক্ট করে ইনুক্লিয়েটেড ডিম্বকোষের ভেতর স্থাপন করেন।

ক্লোনিং প্রক্রিয়ার প্রাথমিক পরীক্ষাকালে সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার টেকনিকের ক্ষেত্রে একমাত্র ভ্রূণ পর্যায়ের অপরিপক্ক কোষের নিউক্লিয়াস ব্যবহার করে সফল হয়েছিলেন। কিন্তু **১৯৯৬** সালে বৃটিশ বিজ্ঞানীরা **'ডলি দ্যা শিপ'** এর জন্ম দিয়ে ইতিহাস সৃষ্টি করেন। তারা সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার পদ্ধতির মাধ্যমেই এই ঐতিহাসিক ক্লোনিং সম্পাদন করেছিলেন। এছাড়া ডোনার সোম্যাটিক কোষটিও ছিলো পরিপক্ক পূর্ণ বয়স্ক একটি কোষ।

বিজ্ঞানীরা এক্ষেত্রে পরিপক্ক এই কোষকে কিছুটা পরিবর্তন করেন তথা মডিফাই করেন। ফলে উক্ত পরিপক্ক ডোনার কোষ একটি অপরিপক্ক ভ্রূণের কোষের মতো চরিত্র ও বৈশিষ্ট্য ধারণ করে। অর্থাৎ এটা কোষ জীবনের প্রাথমিক পর্যায়ের মতো অনেকটা কম সক্রিয় হয়ে যায়। ডোনার কোষকে এভাবে ক্যুয়িসেন্ট (quiescent) বা কম সক্রিয় করার পদ্ধতি হলো একটি পরিণত বয়স্ক ভেড়ার কোষকে সংগ্রহ করে ক্ষুধার্ত করে রাখা! এই অবস্থায় কোষটি একটি স্থির স্টেজে চলে যায় ফলে স্বাভাবিক নিউক্লিয়াস বিভক্তি ক্রিয়া বন্ধ হয়ে পড়ে। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষা করে দেখেছেন যে, এরূপ রেস্টিং স্টেজে পতিত কোষ ভ্রূণ থাকাবস্থার মতো বৈশিষ্ট্য ও চরিত্র গ্রহণ করে। এরপর এই কোষের নিউক্লিয়াসের তথ্যাদি বের করে দ্বিতীয় একটি বড় ভেড়ির ইনুক্লিয়েটেড কোষের মধ্যে ট্রান্সফার করেন। এরপর এই ভ্রূণটিকে তৃতীয় আরেক সারোগেট ভেড়ির গর্ভাশয়ে রেখে দেন। এরপর এটি সাধারণভাবে বেড়ে ওঠে এবং সময়মতো জন্মলাভ করে। আর এই নতুন ভেড়ি সেই ডোনার সোম্যাটিক কোষ প্রদানকারী ভেড়ির যাবতীয় জেনেটিক তথ্যসম্বলিত একটি ক্লোন।

উপরে বর্ণিত উপায়ে **'ডলি দ্যা শিপের'** জন্মের পর পরিপক্ক বড়দের কোষ ডোনার সোম্যাটিক কোষ হিসাবে ব্যবহার করার সকল সমস্যা দূর হয়ে যায়। সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার টেকনিকে শুধুমাত্র ডোনার কোষের নিউক্লিয়াসে প্রাপ্ত জেনেটিক তথ্যাদি ব্যবহৃত হয়। কিন্তু একটি প্রাণীর সকল জিন নিউক্লিয়াসে অবস্থান করে না। কয়েক ডজেন জিন কোষের সাইটোপ্লাজমে অবস্থানকারী এটিপি তৈরীর কেন্দ্র মাইটোকন্ড্রিয়ানেও বাস করে। সুতরাং সত্যিকার অর্থে ক্লোন করা প্রাণীর কোষে 'শুধুমাত্র' ডোনার কোষের জেনেটিক তথ্যাদি আছে এটা বলা সঠিক হবে না। ইনুক্লিয়েটেড কোষের সাইটোপ্লাজমে অবস্থিত মাইটোকন্ড্রিয়ানে হয়তো কয়েক ডজন ডিএনএ মলিকিউল থাকতে পারে। আর এখানে সংরক্ষিত তথ্যাদি তাই ক্লোনকৃত প্রাণীর কোষে থাকবে।

ডলি দ্যা শিপ সফল ক্লোনিং হয়েছিল ১৯৯৬ সালে। সেই থেকে এ পর্যন্ত পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে ক্লোনিং গবেষণা জোরেসুরে চলছে। অনেক বিজ্ঞানী সফলভাবে অন্যান্য জীব-জন্তুদের ক্লোনিং করেছেন। এসব জন্তুদের মধ্যে আছে গাভী, বকরি, শূকর, বিড়াল ও খরগোশ। তবে এই সফলতার সঙ্গে অনেক ব্যর্থতাও জড়িত আছে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে দেখা গেছে সোম্যাটিক সেল নিউক্লিয়ার ট্রান্সফার প্রক্রিয়া অপরিপক্ক। ক্লোনিং করার পর খুব অল্প ভ্রূণই জন্ম পর্যন্ত জীবিত থাকে। দৃষ্টান্তস্বরূপ ২০০১ সালে বিজ্ঞানীরা ৩৭১টি ভ্রূণ সারোগেট মায়ের গর্ভে স্থাপন করে মাত্র ৬টি খরগোশ জন্মাতে পেরেছেন- এই তথ্যটি এখানে উল্লেখ করা যায়। তবে এরচেয়েও চিন্তার ব্যাপার হলো কোন ক্ষেত্রে দেখা গেছে ক্লোন প্রাণী কিছু বিশেষ রোগে আক্রান্ত হচ্ছে কিংবা বেশ কম বয়সে মারা যাচ্ছে। সে-ই প্রথম ক্লোন প্রাণী ডলি দ্যা শিপের বয়স বৃদ্ধির সাথে বিজ্ঞানীরা জানতে পেরেছেন তার মধ্যে আরথারাইটিস রোগ জন্মলাভ করেছে। অন্যান্য পরীক্ষা থেকে জানা গেছে ক্লোন ইঁদুর বিভিন্ন রোগে আক্রান্ত হয় এবং সাধারণ ইঁদুরের তুলনায় অর্ধেক বয়সে মারা যায়।

বহুসংখ্যক প্রাণী ক্লোন করার মাধ্যমে সাধারণ পারিপার্শ্বিকতায় নেতিবাচক প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি হতে পারে যা, মানুষসহ পুরো গ্রহের জন্য ক্ষতিকর হতে পারে। সুস্থ উদ্ভিদ ও জীব-জন্তু মিলে বন-জঙ্গলে নিশ্চিত করে জেনেটিক বৈচিত্র্য। তৈরী

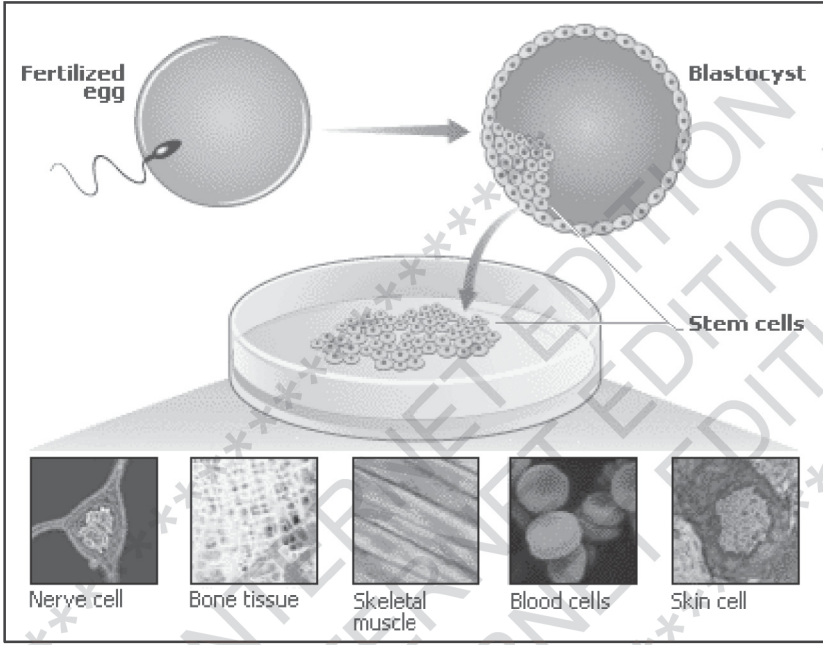
হয় বিচিত্র ধরনের জিন যার মূলে থাকে যৌনসম্পর্কিত স্বাভাবিক পুনর্জনন। এই জেনেটিক বৈচিত্র্য থেকে একটি পপুলেনশ পারিপার্শ্বিক পরিবর্তন ও রোগ-ব্যাধি থেকে মুক্ত থাকতে সৃষ্টি করতে পারে শক্তিশালী প্রতিরোধ ব্যবস্থা। অপরদিকে অসংখ্য ক্লোন করা প্রাণী ও উদ্ভিদে জেনেটিক বৈচিত্র্যের অভাব হেতু অনুরূপ প্রতিরোধ ব্যবস্থা সৃষ্টি হয়তো সম্ভব হবে না। এতে পুরো পারিপার্শ্বিকতায় সৃষ্টি হতে পারে ক্ষতিকর ভারসাম্যহীনতা। সুতরাং ক্লোনিং থেকে উপকারের পরিবর্তে দীর্ঘমেয়াদী অপকার সাধিত হতে পারে, যা কারো কাম্য নয়।

তবে ক্লোনিং টেকনোলজি দূরে সরে যাবে না। ইতোমধ্যে ক্লোনিং প্রক্রিয়ার মধ্যে ধান, গমসহ অনেক জরুরী শস্যাদি পৃথিবীর বিভিন্ন দেশে বর্ধিত মাত্রায় উৎপাদন হচ্ছে। খাদ্যের জন্য প্রাণী তথা লাইভস্টক যদি ক্লোনিং টেকনিকের মাধ্যমে বিপুল পরিমাণে উৎপাদন করে চাহিদা পূরণ ও মূল্য কমিয়ে আনা যায় তাহলে অবশ্যই এটা হবে ইতিবাচক পদক্ষেপ। কিন্তু কেউ কেউ মনে করেন, এভাবে করা ভালো হলেও একটি মাত্র ভাইরাস পুরো স্টককে ধ্বংস করে দিতে পারে। বর্তমানে জেনেটিক বৈচিত্র্য থাকার ফলে একই ভাইরাস সকল প্রাণীকে সমপরিমাণ ক্ষতিতে বা বিপর্যয়ে ফেলে দিকে পারে না। এর কারণ হলো, কোন কোন প্রাণীর দেহ ঐ ভাইরাসের বিরুদ্ধে সফল প্রতিরোধ ক্ষমতা অর্জন করতে পারে। কিন্তু ক্লোন করা সকল প্রাণী যেহেতু জেনেটিক্যালী হুবহু নকল তাই একটিকে যে ভাইরাস ধ্বংস করতে পারবে সেই একই ভাইরাস ক্লোন করা সকল প্রাণীকেও একইভাবে ধ্বংস করতে পারবে। সুতরাং এসব ব্যাপার বিবেচনায় নিয়ে জেনেটিক ইঞ্জিনিয়ারদেরকে অগ্রসর হতে হবে। ক্লোনিং করতে যেয়ে সার্বিক ব্যালান্স কিভাবে অর্জিত হয় তা নিয়ে গভীর গবেষণার প্রয়োজন। একই সময় ক্লোনিং টেকনোলজি আরো উন্নততর করার চেষ্টা অব্যাহত রাখাও একান্ত জরুরী।

ইউনিট ৪.১৩. স্টেম সেল গবেষণা

দেহের সকল টিস্যুর মূল সূত্র হলো স্টেম কোষ বা সেল (stem cell)। স্টেম সেলের বৈশিষ্ট্য হলো এরা নিজেদের কপি করতে জানে এবং একটি প্রাণী সৃষ্টিতে যে কোন ধরনের কোষ তৈরী করতেও পারদর্শী। আমাদের জন্ম ও বড়ো হওয়া একটি মাত্র কোষ থেকে হয়েছে। এই বৃদ্ধি যে কোষটি নিয়ন্ত্রণ করে তার নামই হলো স্টেম সেল। সুতরাং এই স্টেম কোষের উপর গবেষণা আমাদের সবার জন্য উপকার বয়ে নিয়ে আসতে পারে। ইতোমধ্যে এসেছেও।

স্টেম সেলের সূত্র

যখন শুক্রকোষ (sperm cell) দ্বারা একটি ডিম্বকোষ (egg cell) ফলনশীল হয় তখনই স্টেম কোষের জন্ম নেয়। ঠিক কখন এই স্টেম কোষের জন্ম হয় সে ব্যাপারে বিজ্ঞানীদের মধ্যে মতানৈক্য আছে। অনেকের ধারণা প্রথম জাইগোট কোষটি (zygote cell) কয়েকবার বিভক্ত হওয়ার পরই স্টেম সেলের জন্ম হয়। তবে কিছু কিছু বিজ্ঞানীর ধারণা জাইগোট থাকাবস্থায়ই স্টেম কোষ আত্মপ্রকাশ করে। যেভাবেই হোক এসব স্টেম কোষ থেকেই দেহের বিভিন্ন অংশের বিশেষ কোষ সৃষ্টি হয়। তবে একটি বিশেষ কার্যে জড়িত নেই এমন স্টেম কোষ থেকে যে কোন ধরনের কোষ যেমন হাড্ডি, রক্ত, পেশী, চামড়া ইত্যাদি সব ধরনের বিশেষ কোষ তৈরী হতে পারে। মানবদেহের প্রতিটি অরগ্যানে বড়ো হওয়ার পরও স্টেম কোষের কিছু মজুদ থেকে যায়। আর এভাবে থাকার বিশেষ কারণও আছে। সকল কোষই নিজেকে কপি করতে জানে কিন্তু একমাত্র স্টেম কোষ অন্য ধরনের কোষও তৈরী করতে পারে। নীচের (পরের পৃষ্ঠার) চিত্রে স্টেম কোষের সূত্র দেখানো হয়েছে।

অন্য কোষ সৃষ্টির ক্ষমতা স্টেম কোষে থাকার ফলেই এটা বিজ্ঞানীদের নিকট এতোই গুরুত্বপূর্ণ এবং গবেষণার বস্তু হয়েছে। স্টেম কোষের সম্ভাব্য মেডিকেল ব্যবহারকে কাজে লাগাতে হলে কিন্তু প্রয়োজন দাঁড়ায় স্টেম সেল লাইন (stem cell line) এর। এসব লাইন মূলত স্টেম কোষের কলোনি যেখানে এরা নিজে নিজেই কপি করে ও বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। একটি পরীক্ষাগারের নিউট্রিয়েনযুক্ত পাত্রে স্টেম কোষ **'কালচার'** তৈরী করা হয়। সুতরাং এরূপ একটি স্টেম কোষ লাইন থাকলে গবেষকরা অসংখ্য সাম্পুলের সূত্র পেয়ে গেলেন যা থেকে পরীক্ষা-নীরিক্ষা ও টেস্ট করা যায়। কিন্তু একটি সমস্যা হেতু এই গবেষণা সীমিত হয়ে পড়ে। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যতো বয়স বাড়ে স্টেম কোষের ক্ষমতা ততো বেশী লোপ পায়। অন্য কথায় বয়স্ক কোষ থেকে অল্প বয়সেরটা অনেক বেশী কর্মক্ষম এবং গবেষণার জন্য উপযুক্ত। একটি ক্ষেত্রে এই সমস্যা দাঁড়ায় না- দেখা গেছে একমাত্র হাড্ডির মজ্জায় যে স্টেম কোষ আছে তা বয়স্ক হলেও তার ক্ষমতা হারায় না। এগুলো যে কোন কোষে রূপান্তরের পূর্ণ ক্ষমতা রাখে। সুতরাং ভ্রূণ অবস্থায়

এবং বড়দের হাড্ডির মজ্জা (bone marrow) থেকে প্রাপ্ত স্টেম কোষ গবেষণা থেকে মেডিকেল ক্ষেত্রে আমরা সর্বাপেক্ষা বেশী উপকৃত হতে পারি।

স্টেম কোষের আরেকটি গুণ হলো ক্ষতিগ্রস্ত দেহাংশকে মেরামত করা। পুরো জীবনব্যাপী মজুদ থাকা স্টেম কোষ আমাদের দেহের বিভিন্ন অংশ মেরামত করে থাকে। তবে ক্রমে বয়স বৃদ্ধির সাথে সাথে এসব কোষের মেরামত ক্ষমতা হ্রাস পায়- সুতরাং ব্যক্তির স্বাস্থ্য অবনতির দিকে ধাবিত হয়। তাই কর্মক্ষম স্টেম কোষের এই মেরামত ক্ষমতা ব্যবহারের মাধ্যমে দেহের কোষ ধ্বংসকারী কিছু মারাত্মক রোগের চিকিৎসা সম্ভব। এসব রোগের মধ্যে উল্লেখযোগ্য দু'টি হলো আলজাইমার্স ডিজিজ (Alzheimer's disease)ঃ এই রোগে আক্রান্ত ব্যক্তির মস্তিষ্কের কোষ নষ্ট হয়, বিশেষকরে স্মরণশক্তির সঙ্গে সম্পৃক্ত কোষের ক্ষতি হয়ে থাকে; এবং পারকিনসন ডিজিজ (Parkinson's disease)ঃ এই রোগে আক্রান্ত ব্যক্তির পেশী নিয়ন্ত্রক স্নায়ুকোষ নষ্ট হয়ে যায়।

দু'টি মৌলিক উপায়ে স্টেম কোষ ব্যবহারের পদ্ধতি উদ্ভাবনের কথা ভাবছেন অধিকাংশ বিজ্ঞানী। এর প্রথমটি হলো স্টেম কোষ তৈরী যাতে করে বিশেষ রোগের নিরাময় হিসাবে এগুলো দেহের অভ্যন্তরে ট্রান্সপ্লান্ট (transplant) করা যায়। দৃষ্টান্তস্বরূপ বলা যায়, কারো যদি যকৃৎ রোগ থেকে থাকে তাহলে তাকে যকৃৎ স্টেম কোষের এক বা একাধিক ডোজ দেওয়া যেতে পারে। তবে অনেকের স্বপ্ন যে, হয়তো ভবিষ্যতে মানবদেহকে মারাত্মক রোগ-ব্যাধি থেকে মুক্ত রাখতে যেয়ে সময় সময় স্টেম কোষের ডোজ দেওয়া যেতে পারে। এর ফলে দেহের মধ্যে ওসব রোগ কোনদিন আত্মপ্রকাশ করার সুযোগই পাবে না। ফ্রেস স্টেম কোষ দেহের মধ্যে ক্ষতিগ্রস্ত কোষ সাথে সাথে মেরামত করবে। এই দ্বিতীয় পদ্ধতি অবলম্বন করতে যেয়ে আমাদেরকে প্রথমে শিখে নিতে হবে ঠিক কিভাবে মজুদ স্টেম কোষ দেহের মধ্যে অবস্থান নিয়ে বিভিন্ন ক্ষতিগ্রস্ত কোষকে মেরামত করে।

স্টেম কোষ গবেষণা ও এর ব্যবহার ইতোমধ্যে অনেক দূর এগিয়েছে। ক্লোনিং, হাড্ডি মজ্জা ট্রান্সপ্লান্ট, রক্তকোষ উৎপাদন ইত্যাদি মেডিকেল উন্নয়নে স্টেম কোষ ব্যবহৃত হচ্ছে। তবে স্টেম কোষ অনেক নেতিবাচক বিতর্কেরও সৃষ্টি করেছে।

এর মূল কারণ হলো গবেষণার জন্য স্টেম কোষের সাপ্লাই সূত্র। এসব কোষের অধিকাংশই আসে ভ্রূণ থেকে। বর্তমানে পুরো বিশ্বব্যাপী সন্তানহীন নারী-পুরুষের কোলকে সন্তানের অফুরন্ত আনন্দে অভিভূত করার লক্ষ্যে গড়ে ওঠেছে হাজার হাজার সন্তানহীনতা ক্লিনিক (infertility clinic)। এসব বেসরকারী প্রতিষ্ঠানে অসংখ্য ভ্রূণের আবির্ভাব ঘটে যাদের অধিকাংশই কাজে লাগে না। এসব ক্লিনিকে ভিট্রো ফার্টিলাইজেশন (vitro fertilization) নামক চিকিৎসার সময় নারীদের গর্ভাশয় থেকে অপারেশনের মাধ্যমে সংগ্রহিত ডিম্বকোষ পুরুষের বীর্যকোষের সাথে পরীক্ষাগারের পাত্রে রাখা হয় ফলনশীল করার লক্ষ্যে। কিন্তু অনেক সময়ই একাধিক ডিম্বকোষ ফলনশীল হয়ে পড়ে। এতে সৃষ্টি হয় অতিরিক্ত ভ্রূণ। আর এসব **'অকেজো'** ভ্রূণ থেকে বিজ্ঞানীরা স্টেম কোষ সংগ্রহ করেন।

একটি সম্ভাব্য শিশুর ভ্রূণ থেকে এভাবে স্টেম কোষ বের করা অনেকের নিকট মৌলিক মানবিক নীতিবিরুদ্ধ (against basic human ethics) কাজ বলে প্রতীয়মান হয়। কারণ বাস্তবে যা করা হচ্ছে তাহলো এই, আমরা স্টেম কোষ গবেষণার নামে একটি মানবজীবনকে ধ্বংস করে দিচ্ছি। অপরদিকে আরেকদল লোকের বিপরীত যুক্তি হলো, বাস্তবে এসব ভ্রূণ কোনদিনই তো পূর্ণ মানবে রূপান্তর হবার নয়। হয় আমরা এগুলোকে উপেক্ষা করবো এবং তা ধ্বংস হবে, না হয় হিমায়িত করে রাখবো ভবিষ্যতে আরো গবেষণার জন্য। সুতরাং এদের কোষ থেকে স্টেম কোষ বের করে মানবতার উপকারে ব্যবহার করা আরো মানবিক ও নীতিসম্মত নয় কি? সুতরাং ভ্রূণসম্পৃক্ত স্টেম কোষ গবেষণায় (embryonic stem cell research) পক্ষে-বিপক্ষে যুক্তিতর্ক অব্যাহত আছে।

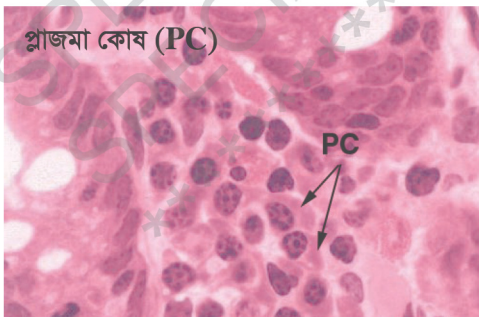
ইউনিট ৪.১৪. রক্তকোষ

রক্তের গুরুত্ব বর্ণনার প্রয়োজন নেই। কোষের উপর আমাদের অনুসন্ধানে রক্তের মধ্যে যেসব কোষ আছে তাদের স্বরূপ ও ফাংশন জানা একান্ত অবশ্যকরণীয়। কারণ এসব কোষই প্রাণী দেহের অন্যান্য অংশে অবস্থিত সকল কোষের মধ্যে

বিভিন্ন উপাদান বহন করে নিয়ে যায়। প্রথমত আমরা জেনে নিই রক্ত মূলত কিসব উপাদানে সৃষ্ট।

অর্ধেকের বেশী (৫৫%) রক্ত প্লাজমা (plasma) নামক একটি তরল পদার্থ দ্বারা সৃষ্ট। বাকী ৪৫ শতাংশ হলো তিন ধরনের কোষের সমষ্টি। এই কোষগুলো হলো: লাল রক্তকোষ (একে erythrocyte নামেও সম্বোধন করা হয়) এর মাত্রা সর্বাপেক্ষা বেশী, সাদা রক্তকোষ (leucocyte) এবং প্লেটলেট (thrombocyte)। প্লাজমা ব্যতীত দেহের অপর তিনটি কোষই হাড্ডির মজ্জায় উৎপন্ন হয়। আমরা একে একে এই চারটি বস্তুর উপর আরো বিস্তারিত আলোচনা করবো।

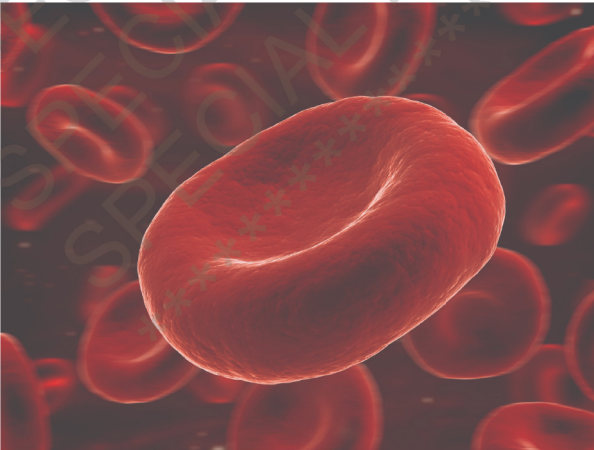
১. প্লাজমা

রক্তের মধ্যে প্লাজমা নামক যে তরল পদার্থ আছে তা মূলত ৯০ শতাংশ পানি। বাকী ৭ শতাংশ প্রোটিন এবং ৩ শতাংশ অন্যান্য কণা বস্তুর সমন্বয়ে গঠিত। এসব বস্তুর মধ্যে আছে অজৈবিক লবণ, গ্লুকোজ, ইউরিয়া এবং অন্যান্য পরিপাক বর্জ্য। প্লাজমা দেহের সার্কুলেটরী প্রক্রিয়ায় ট্রান্সপোর্ট মাধ্যম হিসাবে কাজ করে। বিভিন্ন রক্তকোষ, নুট্রিয়েন্স, হরমোন, বর্জ্য ইত্যাদি এই মিডিয়ামের মাধ্যমে চলাচল করে। প্লাজমা রক্তচাপে ব্যালান্স রাখতে সাহায্য করে; প্রাণীর পুরো দেহব্যাপী তাপমাত্রা বণ্টন এবং এসিডসর্বস্ব ব্যালান্স নিশ্চিত রাখে।

প্লাজমার মধ্যস্থ গুরুত্বপূর্ণ প্রোটিনের মধ্যে ফাইব্রিনোজেন (fibrinogen), আলবুমিন (albumin) এবং কয়েক ধরনের গ্লোবুলিন (globulin) এখানে উল্লেখযোগ্য। ফাইব্রিনোজেন রক্তপিণ্ড (blood clot) তৈরীর মূল উপাদান। আলবুমিন শিরা-

উপশিরায় সঠিক রক্তচাপ নিশ্চিত রাখে এবং গ্লোবুলিনের মধ্যে একটি হরমোন আছে যার কাজ হলো লাল রক্তকোষ সৃষ্টিতে সাহায্য করা। আরেক গামা-গ্লোবুলিন আছে যার মধ্যে দেহের জন্য জরুরী প্রচুর এ্যান্টিবডি বিদ্যমান।

প্লাজমা প্রোটিনগুলোর একটি মূল ডিউটি হলো অসংখ্য ক্ষুদ্র উপশিরা (capillary) দিয়ে অতিরিক্ত পানীয় যাতে বেরিয়ে না পড়ে তা নিশ্চিত রাখা। কারণ এসব উপশিরার দেওয়াল পেরিয়ে পানি সহজেই বেরিয়ে পড়তে পারে কিন্তু প্লাজমা প্রোটিন (plasma protein) তা পারে না। সুতরাং এসব প্রোটিন দেওয়ালের গায়ে লেগে বিপরীতমুখী চাপ দ্বারা পানী বেরিয়ে পড়াকে নিয়ন্ত্রণ রাখে। আর এই "osmotic pressures" সৃষ্টিতে যে প্রোটিনবহুল উপাদান কাজ করে তার নামই হলো আলবুমিন।

২. লাল রক্তকোষ

লাল রক্তকোষ হলো রক্তের মধ্যস্থ প্রধান উপাদান। এই কোষের কারণেই রক্তের রং লাল বর্ণের হয়েছে। লাল রক্তকোষই দেহের সকল কোষের মধ্যে অক্সিজেন মলিকিউল বহন করে নেয়। অক্সিজেন গ্যাস শ্বাসের মাধ্যমে ফুসফুসে যেয়ে পৌঁছার পর তা রক্তের মধ্যে মিশে যায় এরপর লাল রক্তকোষ তা বহন করে।

লিপিড ও প্রোটিনের তৈরী পাতলা মেমব্রেনে আবদ্ধ লাল রক্তকোষ আকারে বেশ ছোট্ট ও বোতামের মতো দেখায়। উভয় মেরু অনেকটা চাপা। কোষটি বেশ ফ্লেক্সিবলও অর্থাৎ প্রয়োজনে জেলির মতো আকার পরিবর্তন করতে

পারে যা একান্ত জরুরীও। দেহের মধ্যে সার্কুলেটরী সিস্টেমে স্থাপিত অসংখ্য অতি ক্ষুদ্র ক্যাপিলারির ভেতর দিয়েও কোষটিকে ভ্রমণ করতে হয়। এসময় তার নিজের আকারকে লম্বা-বেটে করা ছাড়া উপায় নেই।

লাল রক্তকোষের একটি বৈশিষ্ট্য হলো এতে কোন নিউক্লিয়াস নেই। তবে এতে আছে হিমোগ্লবিন (hemoglobin)- একটি লাল রংয়ের লৌহসর্বস্ব প্রোটিন যার মধ্যে অক্সিজেন মলিকিউল যুক্ত থাকে। আর এই হিমোগ্লবিনের মাধ্যমে অক্সিজেন ক্যারী করাই হলো লাল রক্তকোষের মূল ফাংশন। এসাথে সে কার্বন ডাইঅক্সাইডও বহন করে। শেষোক্ত মলিকিউল হলো পরিপাকতন্ত্রের (metabolism) একটি বর্জ্য উপাদান। লাল রক্তকোষ দেহের বিভিন্ন অংশ থেকে কার্বন ডাইঅক্সাইড বহন করে নিয়ে এসে ফুসফুসের মধ্যে ছেড়ে দেয়। এরপর তা নিঃশ্বাসের মাধ্যমে দেহ থেকে বেরিয়ে বায়ুমণ্ডলে চলে যায়।

রক্তকোষ কয়েক ধরনের আছে। আর প্রত্যেকের রক্তকোষ এই ক'টি ভিন্ন ধরনের একটি মাত্র দ্বারা গঠিত। সুতরাং এই রক্তের ধরন বা ব্লাড টাইপ নির্দিষ্ট হয় লাল রক্তকোষের উপরিভাগে পরিচিতিমূলক উপাদান এ্যান্টিজেন (antigen) থাকা বা না থাকার মাধ্যমে। রক্তের ধরন মূলত চারটিঃ A, AB, B এবং O।

লাল রক্তকোষ ও হিমোগ্লবিন

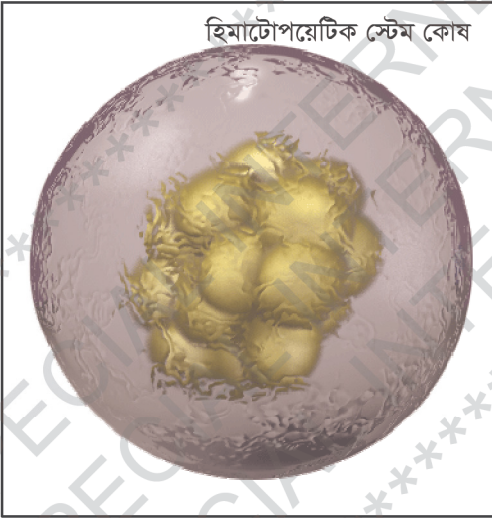
লাল রক্তকোষের লৌহ-প্রোটিনযুক্ত পদার্থ হিমোগ্লবিন (hemoglobin) রক্তের জন্য একান্ত জরুরী একটি উপাদান। রক্তের মাধ্যমে অক্সিজেন, কার্বন ডাইঅক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড (nitric oxide) বহনে এই হিমোগ্লবিন গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। হিমোগ্লবিন যখন অক্সিজেনের সঙ্গে সেটারেট বা মিশে তখন এটাকে বলে অক্সিহিমোগ্লবিন (oxyhemoglobin)। এরপর দেহের টিস্যুতে অক্সিজেন ছেড়ে দেওয়ার পর হিমোগ্লবিন তার কার্য পরিবর্তন করতঃ কার্বন ডাইঅক্সাইড সংগ্রহ করে। আর কার্বন ডাইঅক্সাইড হলো সেলুলার রেসপিরেশন (cellular respiration) তথা কোষের শ্বাসক্রিয়ার বর্জ্য বস্তু। হিমোগ্লবিন এই বর্জ্য সংগ্রহ করে ফুসফুস পর্যন্ত পরিবহন করে নিয়ে যায়। সেখান

হতে তা দেহের ভেতর থেকে বের করা হয়। হিমোগ্লবিন যখন কার্বন ডাইওক্সাইডের সাথে সেটারেট হয় তখন একে বলে কার্বক্সিহিমোগ্লবিন (carboxyhemoglobin)। মাত্র কয়েক বছর পূর্বে (১৯৯৬ সালে) বিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করেন যে, অক্সিজেন ও কার্বন ডাইওক্সাইড পরিবহন ছাড়াও হিমোগ্লবিন অপর আরেক পদার্থ, নাইট্রিক ওক্সাইড গ্যাসও বহন করে। নাইট্রিক ওক্সাইড রক্তচাপ (blood pressure) নিয়ন্ত্রণে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এটা রক্ত বহনকারী শিরা উপশিরার দেওয়ালকে টেনশনমুক্ত করে, ফলে রক্তের চলন অনেকটা সহজ হয়ে ওঠে। তবে হিমোগ্লবিন নিজেই রক্তচাপের মূল নিয়ন্ত্রক। শিরা-উপশিরাকে সংকোচন ও বর্ধিতকরণের কাজ ঐ নাইট্রিক ওক্সাইডের মাত্রা নিয়ন্ত্রণ করে হিমোগ্লবিন রক্তচাপে ব্যালান্স নিশ্চিত রাখে।

হিমোগ্লবিন সম্পূর্ণটাই লাল রক্তকোষের মধ্যে অবস্থান করে। লাল রক্তকোষের মোট ওজনের প্রায় ৩৫ শতাংশ হিমোগ্লবিন। সুতরাং অক্সিজেনের সঙ্গে সঠিক মিশ্রণ নিশ্চিত করতে লাল রক্তকোষে যথেষ্ট হিমোগ্লবিন থাকতে হবে। আর হিমোগ্লবিন সৃষ্টিতে লৌহ বা আয়রন একান্ত জরুরী। সুতরাং দেহের মধ্যে আয়রনের মাত্রা কম থাকলে অ্যানেমিয়া (anemia) রোগের সূত্রপাত ঘটে। লাল রক্তকোষের জীবন তেমন দীর্ঘ নয়। ১২০ দিন পর্যন্ত এগুলো জীবিত থেকে প্লীহায় যেয়ে তাদের মৃত্যু ঘটে। অবশ্য সার্কুলেশনে থাকাবস্থায়ও তাদের ধ্বংস হতে পারে। তাদের মধ্যস্থ হিমোগ্লবিন ভেঙ্গে বিভিন্ন অংশে পরিণত হয়- এতে থাকে আয়রন যা হাড্ডির মজ্জায় প্রবেশ করে নতুন রক্তকোষ তৈরীতে যোগ দেয়।

হাড্ডির মজ্জা: রক্তকোষ উৎপাদনের কারখানা

লাল রক্তকোষ দেহের ভেতরই প্রচুর মাত্রায় উৎপাদন হয়। আর এটা জরুরীও। মানুষের লাল রক্তকোষ গড়ে ১০০ থেকে ১২০ দিন পর্যন্ত জীবিত থাকে। আর এক কিউবিক মিলিমিটার ভলিউম রক্তের মধ্যে থাকে অন্তত ৫.২ মিলিয়ন লাল রক্তকোষ। এই বিরাট সংখ্যক লাল রক্তকোষ সর্বদাই প্রতিস্থাপনের প্রয়োজন। দেহের হাড্ডির মজ্জা হলো এই লাল রক্তকোষ ও অন্যান্য সকল দেহ-কোষ তৈরীর কারখানা।

হাড্ডির লাল মজ্জায় সকল লাল রক্তকোষের জন্ম নেয় একক ধরনের একটি কোষ থেকে যার নাম হিমাটোপয়েটিক স্টেম সেল (hematopoietic stem cell)। হরমোন ও গ্রোথ ফেক্টর দ্বারা এগুলো সক্রিয় হয়ে বিভক্তির মাধ্যমে অপরিপক্ক রক্তকোষ তৈরী করে। এসব অপরিপক্ক রক্তকোষকে বলে প্রজেনিটর ব্লাড সেল (progenitor blood cell)। এগুলোর অধিকাংশই দ্রুত বিভক্ত হয়ে লাল না হয় সাদা রক্তকোষ উৎপাদন করে। এরপর এগুলো হাড্ডি থেকে বেরিয়ে সার্কুলেটরী সিস্টেমে যোগ দেয়। হাড্ডির সাইনোসডে (sinusoid) কিছু প্রজেনিটর কোষ ভ্রমণ করে এবং সেখানে থেকে উৎপাদন করে ক্লটিং তৈরীকারী রক্তকোষ প্লেইটলেট (platelet)।

হাড্ডির মজ্জায় অবস্থানকারী স্টেম কোষের সংখ্যা অতি অল্প। মজ্জার ১০,০০০ কোষের মধ্যে মাত্র ১টি স্টেম কোষ। এরপরও এরা উৎপাদন করে আনুমানিক ২০ লক্ষ (২ মিলিয়ন) লাল রক্তকোষ প্রতি সেকেন্ড এবং আরো ২ বিলিয়ন (২০০ কোটি) প্লেটলেট প্রতিদিন। শুধু তাই নয়, কোন কারণে দেহের রক্তের পরিমাণ যদি বেশী কমে যায় কিংবা কোষের মধ্যে অক্সিজেন সাপ্লাই অল্প হয়ে পড়ে তাহলে কিডনির মধ্য থেকে বেরিয়ে আসে এরিথ্রোপয়িটিন (erythropoietin) নামক একটি হরমোন। এই হরমোন স্টেম কোষকে আরো বেশী লাল রক্তকোষ তৈরীতে উদ্বুদ্ধ করে তুলে। ইনফেকশনের বিরুদ্ধে যুদ্ধের জন্য কলোনি স্টিমুলেইটিং গ্রোথ ফেক্টর (colony stimulating growth factor) নামক কিছু হরমোন রোগ প্রতিরোধ সিস্টেম (immune system) দ্বারা রিলিজ হয়। এই হরমোনগুলো হাড্ডির মজ্জায় অবস্থিত স্টেম কোষকে অধিক মাত্রায় ইনফেকশন-ফাইটিং সাদা রক্তকোষ উৎপাদনের নির্দেশ দেয়। কিছু

হলুদ মজ্জা আছে। খুব সিরিয়াস কেইস হলে এই হলুদ মজ্জাকে লাল মজ্জায় পরিণত করা হয় যাতে জরুরী ভিত্তিতে বেশী করে লাল রক্তকোষ উৎপাদন নিশ্চিত থাকে।

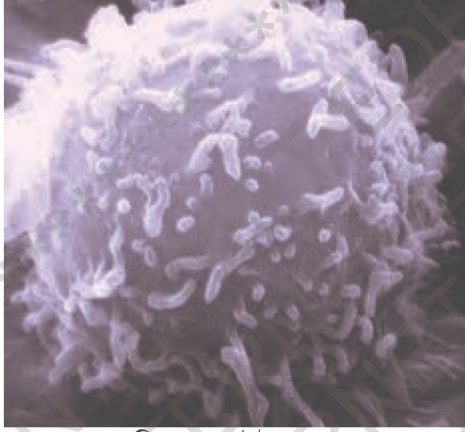
৩. সাদা রক্তকোষ

আমরা ইতোমধ্যে সাদা রক্তকোষ কিভাবে হাড্ডির মজ্জা বা মারোতে উৎপাদন হয় তা উল্লেখ করেছি। এখন এসব কোষের গঠন ও গুণাবলীর উপর আরো কিছু তথ্য তুলে ধরা হবে।

সাদা রক্তকোষকে লিউকোসাইট (leucocyte) বলে। এদের অপর নাম হুয়াইট করপাস্‌ল (white corpuscle)। এসব কোষের একটি বৈশিষ্ট্য হলো নিউক্লিয়াস থাকলেও এদের মধ্যে লাল রক্তকোষের মতো কোন হিমোগ্লবিন থাকে না। এরা স্থানান্তরিত হতে পারে এবং তাদের মূল ফাংশন হলো পরদেশী বস্তু কিংবা কোষের ধ্বংসস্তূপ দ্বারা সৃষ্ট রোগ-ব্যাধি ও ইনফেকশন থেকে দেহকে মুক্ত রাখা। এরা এ কাজ আঞ্জাম দেয় রোগ জীবাণু ও ক্যান্সার কোষকে ধ্বংস সাধনের মাধ্যমে। এছাড়া এসব কোষ এ্যান্টিবডিও উৎপাদন করতে জানে। লিউকোসাইট টিস্যুর ভেতরে ও রক্তের মধ্যে থাকে। এদের তিনটি আলাদা মূল গ্রুপ আছেঃ লিমফোসাইট (lymphocyte), গ্রানিউলোসাইট (granulocyte) এবং মনোসাইট (monocyte)। এদের প্রত্যেকেই আলাদা কাজে জড়িত।

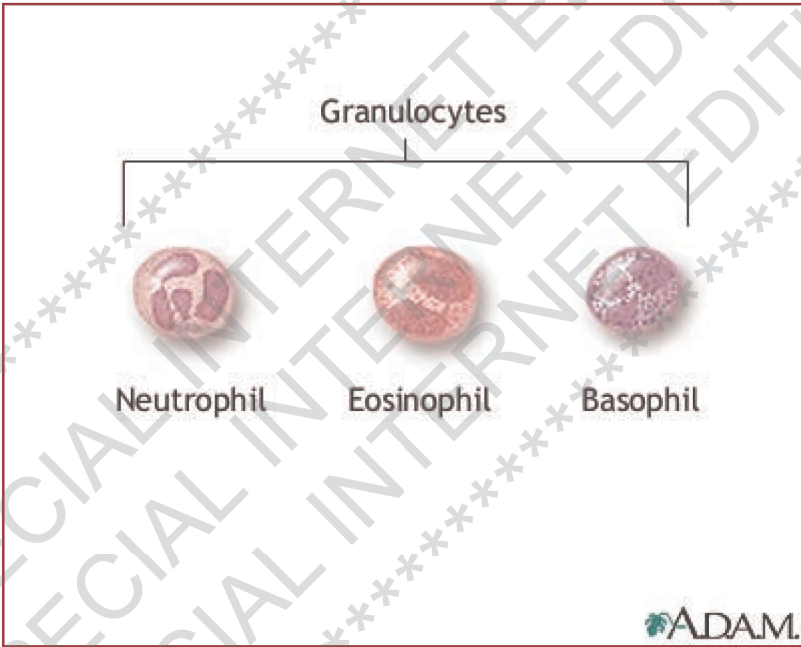
লিমফোসাইট

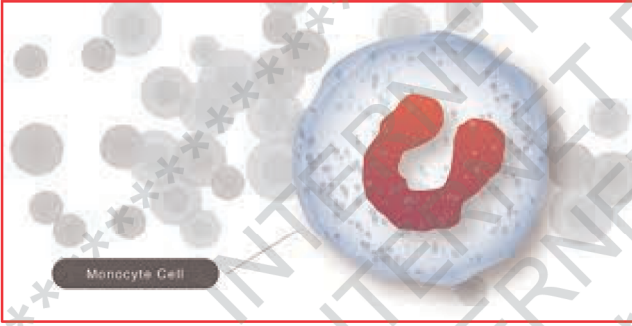
এগুলোর মধ্যে দু'টি উপ-বিভাগ আছে। এদের একটি হলো টি লিমফোসাইট (T lymphocyte) আর অপরটি বি লিমফোসাইট (B lymphocyte)। কোন ধরনের রোগ জীবাণু বা ফরেন এজেন্ট ধ্বংসের কাজ সারা হবে তার উপর নির্ভর করে এদের কোনটি যুদ্ধে লিপ্ত হবে। টি লিমফোসাইট ভাইরাস জাতীয় জীবাণু কিংবা ক্যান্সার কোষকে সনাক্ত করে এবং ধ্বংসের কাজে জড়িত হয়। এছাড়া সে

তার চাচাতো ভাই বি লিমফোসাইটকে এ্যান্টিবডি উৎপাদনে সহযোগিতাও করে। বি লিমফোসাইট কোষ এ্যান্টিবডি উৎপাদন করে। এসব এ্যান্টিবডি মূলত প্রোটিন যা ক্ষতিকর কোষের সঙ্গে যুক্ত হয়ে তাদের ধ্বংস নিশ্চিত করে। একজন স্বাস্থ্যবান পরিণত বয়স্ক ব্যক্তির রক্তের সাদা কোষের ২৫ থেকে ৩০ শতাংশ কোষই লিমফোসাইট জাতীয়।

লিমফোসাইট কোষ

গ্রানিউলোসাইট

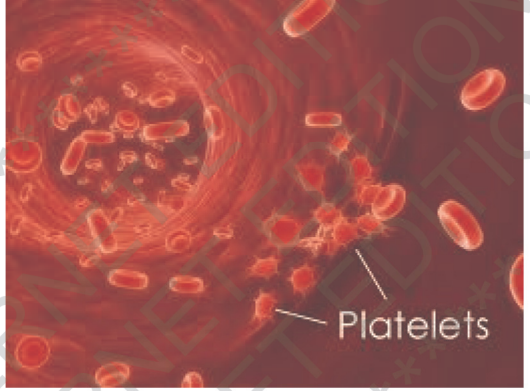
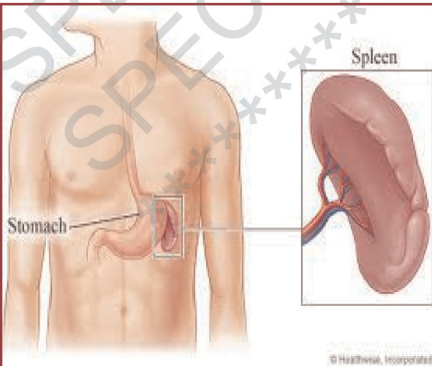
লিউকোসাইট বা সাদা রক্তকোষের অধিকাংশ কোষই এই গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। গ্রানিউলোসাইটের কাজ হলো রোগ-ব্যাধি সৃষ্টিকারী অরগানিজম যেমন প্রটোজোন জাতীয় জীবাণু কিংবা আঁতের ক্রিমি ইত্যাদিকে ধ্বংস করা। এসব কোষে আছে সাইটোপ্লাজমিক গ্রানিউল (cytoplasmic granule) কিংবা থলে (ভিসাইকল)। এতে থাকে জরুরী কেমিক্যাল বস্তু যা রোগ-প্রতিরোধ সিস্টেমের চাহিদা পূরণ করে। গ্রানিউলোসাইটের আরেক বৈশিষ্ট্য হলো তাদের নিউক্লিয়াসে একাধিক উপ-অংশ (যাদেরকে বলে লোব) বিদ্যমান। এ কারণে এদেরকে কোন কোন সময় পলিমরফোনিউক্লিয়ার সেল (polymorphonuclear cell) বলে আখ্যায়িত করা হয়। পরীক্ষাগারে গবেষণা থেকে দেখা গেছে গ্রানিউলোসাইটকে তিনটি উপ-শাখায় বিভক্ত করা যায়ঃ নিউট্রোফিল্স (neutrophils),

ইউসিনোফিল্‌স (eosinophils) এবং বাসোফিল্‌স (basophils)। নিউট্রোফিলের কাজ হলো সর্বপ্রথম যুদ্ধের ময়দানে এসে ফাইট শুরু করা। সাদা রক্তকোষের ৫০ থেকে ৮০ শতাংশ কোষই এই ক্লাসের। এগুলো ফাগোসাইটোসিস (phagocytosis) নামক প্রসেসের মাধ্যমে দোষী জীবাণু বা অরগানিজমকে ধ্বংস করে। এই প্রসেসের বৈশিষ্ট্য হলো আক্রমণকারী কোষকে সম্পূর্ণরূপে জড়িয়ে ধরে অকেজো করে দেওয়া। ইউসিনোফিল্‌স ও বাসোফিল্‌স পরবর্তীতে এসে যুদ্ধে শামিল হয়।

মনোসাইট

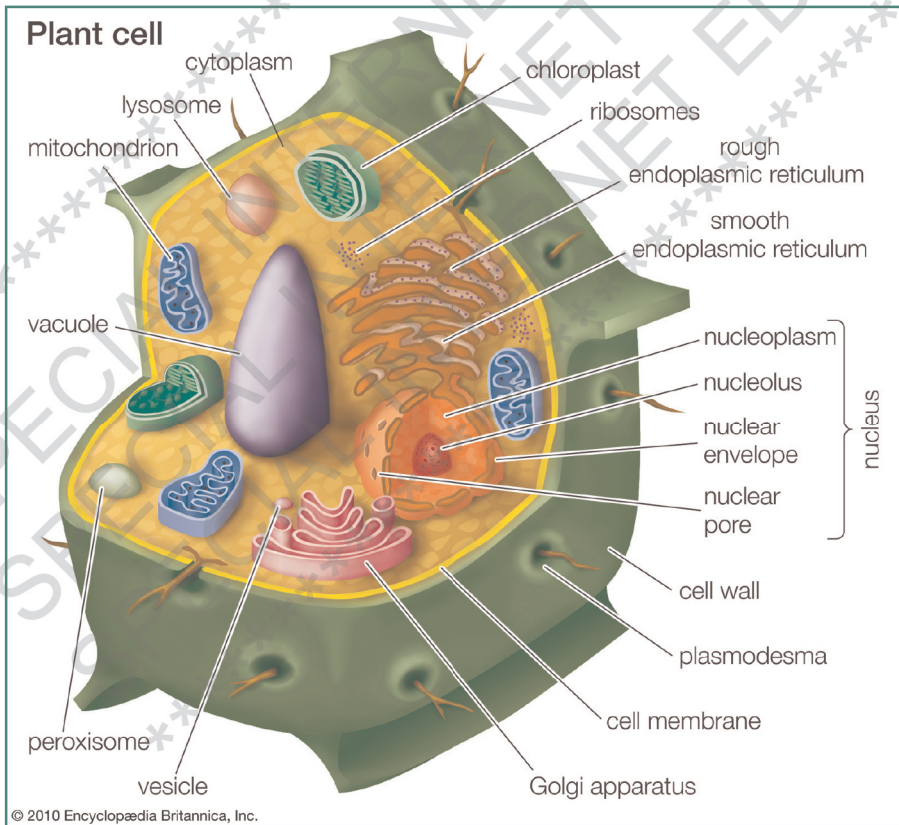
রক্তের মধ্যে মোট সাদা রক্তকোষের ৭ শতাংশ হলো মনোসাইট। এগুলো রক্ত থেকে ইনফেকশনের স্থানে চলে যায় এবং দোষী জীবাণুকে হত্যা করার পর ঠিক রাস্তার ঝাড়ুদারদের মতো মৃত কোষের ধ্বংসাবশেষ ও অন্যান্য ক্ষতিকর বস্তু পরিষ্কার করে ক্ষতিগ্রস্ত জায়গাটির উপর ফিনিশিং টাচ্ দেয়। মনোসাইট কোষ রক্তের মধ্যে সর্বাপেক্ষা বড়ো। তাদের আয়তন ১৫ থেকে ১৮ মাইক্রমিটার।

৪. প্লেটলেট

রক্তের চতুর্থ যে বস্তুটি গুরুত্বপূর্ণ কাজে নিয়োজিত থাকে তার নাম হলো প্লেটলেট। এটা থ্রমবোসাইট (thrombocyte) নামেও পরিচিত। হাড্ডির মজ্জায় মেগাকারিওসাইট (megakaryote) নামক কিছু বড়ো কোষ আছে। এসব কোষের সাইটোপ্লাজম থেকে কিছু ক্ষুদ্র বস্তু যখন বয়স্ক হওয়ার পর সার্কুলেটরী সিস্টেমে প্রবেশ করে তখনই প্লেটলেটের জন্ম হয়। এগুলো নিউক্লিয়াসহীন ক্ষুদ্র রংহীন বলের মতো বস্তু। দেহের মধ্যে যেখানে ব্লাড ক্লটের প্রয়োজন দাঁড়ায় তখন রক্ত থেকে এগুলো সেখানে গিয়ে এই কাজটি সম্পাদন করে। আর ব্লাড ক্লট ছাড়া ক্ষতস্থান থেকে রক্তঝরা বন্ধ করা খুব কঠিন হয়ে দাঁড়ায়। লাল রক্ত কোষের চেয়েও পরিপাকতন্ত্রের দিক থেকে প্লেটলেট বেশী সক্রিয়। রক্ত জমাট বাঁধার কাজ ছাড়াও প্লেটলেট বেশ কয়েকটি কেমিক্যাল মজুদ ও পরিবহন করে। এসব কেমিক্যালের মধ্যে সেরোটনিন (serotonin), এপিনেফরিন (epinephrine) এবং হিসটামিন (histamine) এখানে

বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। প্লেটলেট ভাইরাসসহ দেহের জন্য ক্ষতিকর ফরেন বডিও চুষে নিতে জানে।

জন্মকালে প্লেটলেটের সংখ্যা কম থাকে। কিন্তু মাত্র তিন মাস বয়সের সময়ই পূর্ণ বয়স্কদের সমপরিমাণ প্লেটলেট উৎপাদিত হয়ে যায়। সাধারণ কোন রোগে আক্রান্ত হলে, ব্যায়াম করলে এবং অতিশয় ঠাণ্ডা আবহাওয়ার সময় প্লেটলেটের সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। কোন মহিলার ঋতুস্রাবের সময় প্লেটলেটের সংখ্যা হ্রাস পায়। কোন কেন কেমিক্যাল তাদের জীবন দীর্ঘ করে আবার কোনটা হ্রাসও করতে পারে। ধূমপান করলে সংখ্যা হ্রাস পায় বলে প্রমাণ পাওয়া গেছে।

হাড্ডির মজ্জায় উৎপাদনের পর প্লেটলেট প্লীহা (spleen) নামক অরগ্যানে সংরক্ষিত থাকে। কোন কোন গবেষণা থেকে জানা যায় এগুলো মানুষের ফুসফুসে উৎপাদন কিংবা স্টোর হয়। কারণ এখানে প্লেটলেট তৈরীর কোষ মেগাকারিওসাইট (megakaryocytic) প্রায়ই অবস্থান করে থাকে।

মানব প্লীহা: প্লেটলেট সংক্ষরণের স্থান।

ইউনিট ৪.১৫. উদ্ভিদ কোষ

আমার বেশ কয়েকবার প্রসঙ্গক্রমে উদ্ভিদ কোষের কথা উল্লেখ করেছি। এসব কোষ মূলত প্রাণীদের কোষেরই অনুরূপ তবে কিছুটা পার্থক্য অবশ্যই আছে। গ্রন্থের এই শেষ অংশে ইউকারিওটিক কোষ হিসাবে উদ্ভিদ কোষের উপর কিছু গুরুত্বপূর্ণ আলোচনার প্রয়াস পাচ্ছি।

প্রাণীদের কোষের মতো উদ্ভিদ কোষেও মৌলিক সকল অংশ বা অরগানেল বিদ্যমান। এছাড়া এক দু'টো অতিরিক্ত অরগানেলও পাওয়া যায়, যার ফলে এগুলো ফাংশনের দিক থেকে একক বৈশিষ্ট্যের অধিকারিতা অর্জন করেছে এবং প্রাণীদের না হয়ে উদ্ভিদের কোষ হয়েছে। উপরের চিত্রে উদ্ভিদ কোষের বিভিন্ন অংশ দেখানো হয়েছে। দেখাই যাচ্ছে প্রাণীদের কোষের মতো এতে আছে: জেনেটিক তথ্যাবলী বহনকারী নিউক্লিয়াস, প্রোটিন সৃষ্টিকারী রিবোজাম, এনার্জি উৎপাদনকারী মাইটোকন্ড্রিয়ান, লাইসোসাম, গল্গি এপারেটাস, সাইটোপ্লাজম, প্রোটিন সৃষ্টিকারী রাফ এন্ডোপ্লাজমি রেটিকোলাম এবং লিপিড উৎপাদনকারী স্মোথ এন্ডোপ্লাজমিক রেটিকোলাম ইত্যাদি। উদ্ভিদ কোষে অতিরিক্ত যা আছে তাদের মধ্যে ক্লরোপ্লাস্ট (chloroplast), প্লাজমোডেজমা (plasmodesma) এবং ভাকিউল (vacuole) এখানে উল্লেখযোগ্য। প্রথমটি সূর্যালোক থেকে এনার্জি সংগ্রহ করে; দ্বিতীয়টি হলো খুব সূক্ষ্ম কিছু সাইটোপ্লাজমিক ফাইবার, এটা মূলত কোষ থেকে কোষে যোগাযোগ রক্ষাকরী সেঁতু; এবং তৃতীয়টি উদ্ভিদের বেড়েওঠার জন্য জরুরী কিছু বস্তু স্টোর করে রাখে। অপর যে ব্যাপারটি উদ্ভিদ কোষের ক্ষেত্রে প্রাণীদের তুলনায় আলাদা বৈশিষ্ট্য বহন করে তাহলো কোষের দেওয়াল। এই দেওয়াল উদ্ভিদের ক্ষেত্রে কোষকে নিরাপত্তা প্রদান করে এবং পুরো কোষের আয়তনকে সীমিত রাখে।

উদ্ভিদ কোষের দেওয়াল একাধিক কেমিক্যালের তৈরী। এর মধ্যে চিনি মলিকিউলের তৈরী কম্পাউন্ড সেলুলুজ সর্বাপেক্ষা গুরুত্ববহ। এসব মলিকিউল ফাইবারের আকার ধারণ করে কোষের দেওয়ালের কাঠামো তৈরী করেছে। লিংগিন নামক পলিমার, যা কোষের মধ্যে নিশ্চিত করে দৃঢ়তা। এছাড়া মেদী রস এবং আটালো বস্তুও এই লিংগিন থেকে তৈরী হয়। অধিকাংশ উদ্ভিদ কোষে দু'টি কোষ দেওয়াল থাকে। বিশেষ করে বেড়ে ওঠা শেষ হলে এই উভয় দেওয়াল উদ্ভিদকে অতিরিক্ত নিরাপত্তা প্রদান করে। কোষের দেওয়ালের মধ্যে কিছু জৈবিক পদার্থ আছে যাকে বলে প্রটোপ্লাস্ট (protoplast)। এগুলোকে চতুর্দিকে বেষ্টন করে রাখে কোষ ফসফোলিপিড মেমব্রেন স্তর। প্রটোপ্লাস্টের মধ্যেই সাইটোপ্লাজম

বিদ্যমান। আর সাইটোপ্লাজমে বাস করে কোষের নিউক্লিয়াসসহ অন্যান্য অরগানেল এবং ভাকিউল থলে।

কোষের ভাকিউলে থাকে উদ্ভিদের একটি তরল পদার্থ যাকে স্যাপ (sap) বলে। এই পদার্থটি মূলত পানির তৈরী- তবে এতে আরো আছে গলিত চিনি, লবণ ও অন্যান্য কেমিক্যাল।

প্লাস্টিড (plastid) হলো আরেক ধরনের উদ্ভিদ কোষ অরগানেল। এটা কোষে বিশেষ কিছু ফাংশন সম্পাদন করে। তিন ধরনের প্লাস্টিড এখানে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আঞ্জাম দেয়। প্রথমটি হলো ক্লরোপ্লাস্ট, যার মধ্যে আছে ক্লরোফিল ও কারোটেনোইড পিগমেন্ট (রং)। এখানেই ফটোসিনথেসিস ক্রিয়া সংঘটিত হয়। দ্বিতীয়টির নাম লুকাপ্লাস্ট (leucoplast) যার মধ্যে কোন পিগমেন্ট নেই। এটি স্ট্রাচ, তৈল এবং প্রোটিন সিনথেসিসে জড়িত। ক্লরোপ্লাস্ট উৎপাদন করে হলুদ, লাল ও কমলা রঙের কারোটেনোইড।

সমাপ্ত

Glossary

A

acetyl group: relating to acetic acid derivative: relating to or containing the chemical group derived from acetic acid.
Formula: CH_3CO

actinomycete: rod-shaped bacterium: a rod-shaped or filamentous bacterium belonging to a large group that includes some that cause diseases and some that are the sources of antibiotics. Order: Actinomycetales

adenine - A: DNA component: a component of nucleic acids, energy-carrying molecules such as ATP, and certain coenzymes that carries hereditary information in DNA and RNA. Chemically, it is a purine base.
Formula: $C_5H_5N_5$ Symbol A

adenosine diphosphate - ADP: a chemical compound in living organisms: a chemical compound (nucleotide) in living organisms that is formed when another nucleotide (ATP) breaks down to release energy that is used by cells.

adenosine triphosphate - ATP: a chemical compound (nucleotide) occurring in living organisms that provides most of the energy required by cells during its conversion to another nucleotide (ADP).

aerobic respiration: energy production using oxygen: the breakdown of foodstuffs to create energy in a process that requires the presence of oxygen.

albumin: protein: a water-soluble protein coagulated by heat. Albumins are found in many animal and plant tissues, especially egg white, blood plasma, and milk.

alcohol: liquid for drinks or solvents: a colorless liquid, produced by the fermentation of sugar or starch, that is the intoxicating agent in fermented drinks and is used as a solvent. Formula: C2H5OH Also called ethanol. Also called ethyl alcohol

alleles: form of gene: one of two or more alternative forms of a gene, occupying the same position (locus) on paired chromosomes and controlling the same inherited characteristic. Also called allelomorph.

alpha interferon: protein produced against viral infection: a complex protein (glycoprotein) that is produced by cells in response to a virus or bacterium and that inhibits virus development.

Alzheimer's disease: medical disorder causing dementia: a degenerative disorder that affects the brain and causes dementia, especially late in life.

amino acid: constituent of protein: an organic acid containing one or more amino groups, especially any of a group that make up proteins and are important to living cells. Some can be synthesized by the body nonessential amino acids and others must be obtained through the diet essential amino acids.

ammonia: pungent gas: a colorless gas with a pungent odor that is highly soluble in water.
It is used in refrigeration and in the manufacture of fertilizers, explosives, plastics, and other chemicals. Formula: NH3

amoeba: single-celled organism: a single-celled organism found in water and in damp soil on land, and as a parasite of other organisms. Lacking a fixed form and supporting structures, an amoeba consists of a protoplasmic mass in a thin membrane, and forms temporary projections (pseudopodia) in order to move.

anaerobic environment: lacking oxygen or oxygen-free environment.

anaphase: stage in cell division: a late stage of cell division during which chromosomes move to the poles of the spindle.

anemia: medicine blood deficiency: a blood condition in which there are too few red blood cells or the red blood cells are deficient in hemoglobin, resulting in poor health.

annealing: separate strands of nucleic acid: to subject nucleic acid to a process of heating and cooling in order to separate strands.

antibiotic: agent that destroys bacteria: a substance that is able to kill or inactivate bacteria in the body. Antibiotics are derived from microorganisms, especially fungi, or are synthetically produced. They have no effect against viruses.

antibody: protein that fights infections: a protein produced by B cells in the body in response to the presence of an antigen, for example, a bacterium or virus. Antibodies are a primary form of

immune response in resistance to disease and act by attaching themselves to a foreign antigen and weakening or destroying it.

anticodon: unit of genetic code: a unit of genetic code, comprising a set of three nucleotides in transfer RNA involved in the formation of a specific protein.

antigen: substance that stimulates production of antibody: a substance, usually a protein, on the surface of a cell or bacterium that stimulates the production of an antibody.

anthrax: bacterial disease: an infectious bacterial disease of mammals, especially cattle and sheep, that causes skin ulcers and is transmittable to humans by inhalation and through feces and infected meat.
archaebacteria: primitive single-celled organisms: members of one of two distinct groups of the most primitive living single-celled organisms, similar in size to bacteria but very different in molecular organization.

artificial insemination: method of inducing pregnancy: a method of inducing pregnancy in a female mammal by injecting sperm into the womb. The technique is used in agriculture to improve the breeding of livestock.

ASEXUAL PROCESS OF BINARY FISSION: a process of prokaryotic cell division: in this process the DNA of the organism replicates in the cytoplasm, the cell divides in two, and one DNA passes to each newly formed cell.

AUTOCATALYSIS: production of faster reaction: the speeding up of a chemical reaction by a catalyst that is a product of the reaction.

AUTOPHAGOSOMES: microbe disposal sac in cell: a membranous sac formed within some types of cells that contains the microorganisms or other small particles that the cell has engulfed in order to destroy them.

AUTOSOME: non-sex chromosome: a chromosome other than one that determines sex.

AUTOTROPH: able to manufacture nutrients: used to describe organisms, especially green plants, that are capable of making nutrients from inorganic materials.

B

B LYMPHOCYTE (B CELL): white blood cell: a type of white blood cell (lymphocyte), formed in bone marrow in mammals and present in blood and lymph, that creates antibodies in response to a specific antigen.

BACTERIA: microscopic life form: a single-celled, often parasitic microorganism without distinct nuclei or organized cell structures. Various species are responsible for decay, fermentation, nitrogen fixation, and many plant and animal diseases.

BASOPHIL: readily stained cell: a white blood cell with granules that are readily stained by basic dyes, occurring in some blood diseases.

BINARI FISSION: cell division by dividing in two: the reproduction of a cell or a one-celled organism by division into two nearly equal parts.

BIOCHEMICAL: relating to biochemistry: relating to the chemical substances present in living organisms and the reactions and methods used to identify or characterize them.

BIOCHEMICAL REACTION: breaking of chemical bonds between molecules: in a biochemical reaction the bonds between atoms that form and hold molecules break apart and the atoms rearrange to form new molecules.

BIOLOGICAL CATALYST: enzyme that functions as a catalyst: in ATP production DNA directs the ribosomes to produce such catalyst functioning proteins for ATP production in the mitochondrion.

BIOSYNTHESIS: biological production of chemical substances: the synthesis of chemical substances as the result of biological activity.

BLASTOCYST DIVISION: a cloning technique: in blastocyst division, scientist allow a fertilized egg to divide until about 32 to 150 cells, known as blastocyst. After splitting the blastocyst in two halves it is implanted in the uterus of a surrogate mother.

BLASTOMERE: cell of early embryo: any one of the cells of the early animal embryo (blastula), formed by division of the fertilized egg cell.

BLASTOMERE SEPERATION: a cloning technique where an egg cell is artificially fertilized with a sperm cell and after normal cell division and development, individual embryo is separated to be implanted in the uterus of a surrogate mother.

BLOOD CLOT: mass of thickened blood: a thick mass of coagulated blood formed by small cellular component of blood knows as platelets.

BLOOD PRESSURE: pressure exerted by blood: the pressure exerted by the blood against the walls of blood vessels.
Blood pressure depends on the strength of the heartbeat, thickness and volume of the blood, the elasticity of the artery walls, and the healthiness of the individual.

BONE MARROW: soft substance inside bones: a soft reddish substance inside some bones that is involved in the production of blood cells. New white and red blood cells are formed only in the marrow of the flat bones such as the ribs, breastbone, or pelvis in adults.
BOTULISM: type of food poisoning: a serious form of food poisoning caused by eating preserved food that has been contaminated with botulinum organisms

C
CAPILLARY: thin blood vessel: an extremely narrow thin-walled blood vessel that connects small arteries (arterioles) with small veins (venules) to form a network throughout the body.

CARBOHYDRATE: energy component of diet: an organic compound derived from carbon, hydrogen, and oxygen that is an important source of food and energy for humans and animals. Sugar, starch, and cellulose are carbohydrates.

CARBON: nonmetallic chemical element: a nonmetallic chemical element that exists in two main forms, diamond and graphite. Its ability to form large numbers of organic compounds allowed living organisms to evolve. Symbol C

CARBOXYHEMOGLOBIN: hemoglobin with carbon monoxide: a stable compound formed in the blood when inhaled carbon monoxide binds with hemoglobin, thus preventing it from binding with oxygen.

CATALYST: chemical that accelerates chemical reaction: a substance that increases the rate of a chemical reaction without itself undergoing any change.

CELL DIVISION: formation of cells by dividing: the process by which a cell divides to form two new cells, either to produce identical cells (mitosis) or to produce cells with half the number of chromosomes (meiosis).

CELLULAR RESPIRATION: process in which cells produce energy to survive: in this process cells use oxygen to break down the sugar glucose and store its energy in molecules of adenosine triphosphate (ATP).

CELLULOSE: sugar energy source: a simple sugar produced in plants by photosynthesis and in animals by the conversion of carbohydrates, proteins, and fats. The commonest form, dextrose, is used by all living organisms. Formula: C6H12O6

CENTRIOLE: a rod-shaped structure in cell: a two-part rod-shaped structure with the parts lying at right angles to each other, located in pairs near the nucleus of an animal cell. During cell division, centrioles move to opposite ends of the cell and form the poles of the spindle fibers that pull the chromosomes apart.

CENTROMERE: region joining two parts of chromosome: the point at which two parts (chromatids) of a chromosome join and

at which the spindle fibers are attached during cell division (mitosis).

CHEMICAL BOND: force binding atoms into molecules: a force resulting from the redistribution of energy contained by orbiting electrons, which tends to bind atoms together to form molecules.

CHEMICAL REACTION: process involving changes to substances: a process that changes the molecular composition of a substance by redistributing atoms or groups of atoms without altering the structure of the nuclei of the atoms.

CHEMOAUTOTROPH: organism not using photosynthesis: an organism that obtains energy through the oxidation of an inorganic substance, rather than through photosynthesis. Bacteria are chemoautotrophs.

CHLOROPHYLL: green plant pigment used in photosynthesis: the green or purple pigment found in plants, algae, and some bacteria that is responsible for capturing the light energy needed for photosynthesis. In plants and algae, chlorophyll is contained within numerous minute membranous sacs (chloroplasts) within cells of the stems and leaves.

CHLOROPLAST: part of plant cell containing chlorophyll: a membranous sac (plastid) that contains chlorophyll and other pigments and is the place where photosynthesis occurs within the cells of plants and algae. Plant cells contain numerous chloroplasts, algal cells often have just one. Each consists of interconnected stacks of disk-shaped membranes in fluid, surrounded by a double membrane.

CHOLESTEROL: solid compound in blood: a steroid alcohol (sterol) found in animal tissue, bile, blood, eggs, and fats, high levels of which in the blood are linked to atherosclerosis, heart disease, and gallstones. Cholesterol is important to the body as a constituent of cell membranes, and is involved in the formation of bile acid and some hormones.

CHROMATID: chromosome strand: either of the two strands into which a chromosome divides in the process of duplicating itself in cell division

CHROMATOPHORE: pigment-containing part of plant cell: a membrane-surrounded structure (plastid) in a plant cell that contains pigment. Red, yellow, or orange chromoplasts contain carotenoid pigments, and green chromoplasts (chloroplasts) contain chlorophyll. Also called chromoplast.

CHROMOSOME: rod-shaped structure carrying genes: a rod-shaped structure in a cell nucleus carrying the genes that determine sex and the characteristics an organism inherits from its parents. A normal human body cell contains 46 chromosomes arranged in 23 pairs.

CILIA: microscopic projection on cell: a tiny projecting thread, found with many others on a cell or microscopic organism, that beats rhythmically to aid the movement of a fluid past the cell or movement of the organism through liquid (sing. cilium).

CITRIC ACID CYCLE: metabolic energy cycle: a sequence of biochemical reactions occurring in cell structures (mitochondria) of living organisms whereby energy is obtained from the oxidation of acetic acid and related compounds derived from food. Also called Krebs cycle. Also called tricarboxylic acid cycle

CLONING: creating an identical living organism or animal: creating a copy of the living matter, such as a cell or organism, the copies produced through cloning have identical genetic makeup and are known as clones.

CO2: formula of colorless odorless gas called carbon dioxide: a heavy colorless odorless atmospheric gas produced during respiration and used by plants during photosynthesis. It is also formed by combustion, and increasing atmospheric levels may alter the Earth's climate. It is used in refrigeration, carbonated drinks, and fire extinguishers.

CODON: basic unit of genetic code: a unit in messenger RNA consisting of a set of three consecutive nucleotides, which specifies a particular amino acid in protein synthesis. Also called triplet

COENZYME A: compound involved in metabolism: a complex compound derived from vitamin B5 that acts together with specific enzymes in the metabolism of carbohydrates and fats.

COLONY STIMULATING GROWTH FACTOR: several natural substances produced in the human body to promote various kinds of cell growth. The colony stimulating growth factors include G-CSF, which promotes the growth of white blood cells and GM-CSF, which stimulates the growth of both white blood cells and macrophages.

CONJUGATION (GENETIC): pairing of chromosomes: the distribution of pairs of chromosomes into the four nuclei produced by the division of a parent nucleus

CRISTA: fold: a fold in the inner membrane of a mitochondrion, providing a large surface area over which the enzymes responsible for energy metabolism are located.

CULTURE MEDIUM: biological material grown in special conditions: biological material, especially plants, microorganisms, or animal tissue, grown in a nutrient substance culture medium in specially controlled conditions for scientific, medical, or commercial purposes.

CYANOBACTERIA: photosynthetic bacteria: bacteria belonging to a large group that have a photosynthetic pigment, carry out photosynthesis, and were classified in the past as blue-green algae.

CYTOKINESIS: cell division: division of the cytoplasm of a cell during mitosis or meiosis.

CYTOPLASM: cell material excluding the nucleus: the complex of chemical compounds and structures within a plant or animal cell excluding the nucleus. Cytoplasm contains the cytosol, organelles, vesicles, and cytoskeleton.

CYTOPLASMIC GRANULE: particles in cytoplasm: small particles in the cytoplasm of a cell.

CYTOSINE - C: DNA component: a component of nucleic acids that pairs with guanine to carry hereditary information in DNA and RNA in cells. Chemically, it is a pyrimidine base.
Formula: C4H5N3O Symbol C

CYTOSOL: fluid part of cytoplasm: the fluid component of a cell’s cytoplasm excluding organelles and other structures.

D

DENATURATION: modify molecular structure: to change the molecular structure of a protein or nucleic acid by chemical or physical means, so that some of its original biological properties are reduced or lost.

DEOXYRIBONUCLEIC ACID - DNA: substance carrying organism's genetic information: a nucleic acid molecule in the form of a twisted double strand (double helix) that is the major component of chromosomes and carries genetic information. DNA, which is found in all living organisms but not in some viruses, is self-replicating and is responsible for passing along hereditary characteristics from one generation to the next.

DEOXYRIBOSE: DNA sugar: a five-carbon simple sugar that is a structural component of DNA.

DETOXIFICATION: process of removing or transforming poison: the process of removing toxic substances or transforming them into something harmless

DEXTRIN: substance used as thickener: a product formed from the heating of starch that is an intermediate in the formation of maltose, and is used as an adhesive and a sizing, and in syrups and beers. Formula: (C6H1005)n

DIABETES MELLITUS: metabolic disorder affecting blood sugar levels: a disorder in which there is no control of blood sugar, through inadequate insulin production (Type 1) or decreased cellular sensitivity to insulin (Type 2), causing kidney, eye, and nerve damage. Type 1 develops in childhood and requires lifelong injection of insulin, while Type 2 develops in middle age and can usually be controlled by diet and drugs.

DIPLOID NUMBER: the number of chromosomes characteristic of a particular organism: diploid number of an organism is double of its chromosomes pairs.

DNA: see deoxyribonucleid acid

DNA RECOMBINANT TECHNOLOGY: technology to insert DNA from one organism to another organism: a technique used in genetic engineering, it involves removing a particular gene from a donor organism and insert it to another living organism.

DOLLY THE SHEEP: first cloned higher animal: the cloning technique involved was somatic cell nuclear transfer in which, an animal is cloned from one parent only. Dolly the sheep was cloned in Britain from the cell of an adult female sheep and born in 1996.

DOUBLE HELIX: double spiral structure of DNA: the molecular structure of DNA, consisting of a pair of polynucleotide strands connected by a series of hydrogen bonds and wound in opposing spirals.

E

EGG CELL: female reproductive cell: a female reproductive cell.

ELECTRON MICROSCOPE: powerful microscope that uses electron beams: a high-powered microscope that uses beams of electrons focused by an electron lens to create a magnified image on a fluorescent screen or photographic plate.

ELECTRON TRANSPORT CHAIN: a stage in metabolic process in cells: the process in cells by which electrons are gradually transferred from compounds rich in energy to

molecular oxygen by a series of chemical reactions, resulting in the release of energy subsequently used in the production of ATP.

EMBRYO: human offspring in initial developmental stage: a human offspring in the early stages following conception up to the end of the eighth week, after which it is classified as a fetus.

EMBRYONIC STEM CELL RESEARCH: stem cell research in which the source of stem sells are human embryos: scientists hope to use these cells, which are found in very early stage of human embryos and are capable of developing into almost any type of cell in the body, to overcome the shortage of donor organs. Fruitful research in this field may lead to production of specific body tissues, new organs or to repair a damaged organ such as the heart that cannot regenerate.

ENDOCYTOSIS: process of cellular absorption: the process by which a cell membrane folds inward to take in substances bound to its surface.

ENDOPLASMIC RETICULUM - ER: transport membrane in cell cytoplasm: an intricate system of tubular membranes in the cytoplasm of a cell. It is responsible for the synthesis and transport of materials to and from cells.

ENDOSOME: sac inside living cell: a microscopic membranous sac inside a living cell that is pinched off from the cell's outer membrane and contains substances ingested by the cell.

ENDOSPORE: asexual spore: an asexual spore that is formed inside the cells of certain bacteria and algae.

ENUCLEATAED (EGG CELL): take out the nucleus (of an egg cell): to remove the nucleus of a cell.

ENZYME: protein controlling biochemical reactions: a complex protein produced by living cells that promotes a specific biochemical reaction by acting as a catalyst.

EOSINOPHILS: white blood cell: a granular white blood cell that stains with the dye eosin and is thought to play a part in allergic reactions and the body's response to parasitic diseases
EPIDERMAL GROWTH FACTOR: a growth factor that governs cell developments in skin.

EPINEPHRINE: synthetic adrenaline: a synthetic form of adrenaline that relaxes the airways and constricts blood vessels, used to treat asthma and to reduce blood loss. Formula: C9H13NO3

ERYTHROCYTE: blood cell carrying oxygen: any of the red-colored cells in blood that contain hemoglobin and carry oxygen to the tissues. Also called red blood cell, also called red cell, also called red corpuscle.

ERYTHROPOIETIN: hormone produced in kidneys: a hormone produced in the kidneys that stimulates increased development of red blood cells in the bone marrow. The kidneys produce erythropoietin in response to lowered oxygen levels in body tissues.

ESCHERICHA COLI - E. COLI: gut bacterium: a species of bacterium normally inhabiting the intestines of humans and other vertebrates, especially the colon, but commonly causing infection in other parts of the body. New and highly virulent

strains of this bacterium that have recently evolved are particularly dangerous and can cause serious illness or death.

EUGLENA: single-celled freshwater organism: a single-celled freshwater organism that has appendages (flagella) for locomotion and produces its food by photosynthesis.

EUKARYOTE: organism with visible nuclei: any organism with one or more cells that have visible nuclei and organelles. The group contains all living and fossil cellular organisms except bacteria and blue-green algae.

EXON: interrupted segment of DNA: a discontinuous sequence of DNA that codes for protein synthesis and carries the genetic code for the final messenger RNA molecule. See also intron

F

FADH2: see flavin adenine dinucleotide

FATTY ACID: organic acid occurring as fats and oils: an organic acid belonging to a group that may occur naturally as waxes, fats, and essential oils, and are found in animal and plant materials. Fatty acids consist of a straight chain of carbon atoms linked by single bonds and end in a carboxyl group.
Formula: CnHn + 1COOH.

FERMENTATION: chemical conversion into simpler substances: the biochemical process in which a microorganism breaks down a substance into simpler ones, especially the creation of alcohol by the action of yeast on sugar. Many pharmaceuticals are produced by fermentation.

FERTILIZATION: union of male and female gametes: the union of male and female reproductive cells (gametes) to produce a fertilized reproductive cell (zygote).

FIBRINOGEN: protein important in blood clotting: a soluble protein in the blood that is made in the liver and is converted to insoluble fibrin by the action of the enzyme thrombin in response to tissue damage. Fibrinogen is a clotting factor and is required to prevent major blood loss.

FLAGELLUM: slender cellular appendage: a slender tapering narrow outgrowth of the cells of many microorganisms, for example, protozoa, that is by itself or in groups, a means of locomotion.

FLAVIN ADENINE DINUCLEOTIDE (FAD++): coenzyme: a coenzyme acting as a hydrogen acceptor in many biochemical reactions, for example, in the Krebs cycle, where it is vital in the production of energy.

FUNGI: sing. FUNGUS: spore-producing organism: a single-celled or multicellular organism without chlorophyll that reproduces by spores and lives by absorbing nutrients from organic matter. Fungi include mildews, molds, mushrooms, rusts, smuts, and yeasts.

G

GENE: basic unit of heredity: the basic unit capable of transmitting characteristics from one generation to the next. It consists of a specific sequence of DNA or RNA that occupies a fixed position (locus) on a chromosome.

GENE CLONING: identification and replication of a gene: the process of locating, identifying, isolating, and producing any

number of identical copies of a gene. Gene cloning is now carried out using a machine that automatically performs the polymerase chain reaction (PCR).

GENETIC ENGINEERING: alteration of genetic material: the alteration and recombination of genetic material by technological means, with applications in treating disease, enhancing desired plant and animal characteristics, and manufacturing biological products such as insulin. Also called genetic modification. Also called genetic manipulation.

GENETIC MAPPING: gene identification: the technique or process of identifying genes on a chromosome.

GENETIC RECOMBINATION: genetic process of new gene combinations: any process that gives rise to offspring that have combinations of genes different from those of either parent, such as crossing over and independent assortment of chromosomes during gamete formation.

GLOBULIN: simple protein: a simple protein belonging to a class that is found in plant and animal tissue. Globulins are soluble in weak salt solutions and form a mass when heated.

GLUCOSE: sugar energy source: a simple sugar produced in plants by photosynthesis and in animals by the conversion of carbohydrates, proteins, and fats. The commonest form, dextrose, is used by all living organisms. Formula: $C_6H_{12}O_6$

GLYCEROL: thick sweet liquid: a thick, sweet, odorless, colorless, or pale yellow liquid obtained from fats and oils as a byproduct of soap manufacture. Used as a solvent, antifreeze, plasticizer, drug medium, and sweetener, and in the

manufacture of soaps, cosmetics, inks, lubricants, and dynamite. Formula: $C_3H_8O_3$

GLYCOGEN: easily converted store of energy: a white compound (polysaccharide) stored in the liver and muscles of humans and animals and easily converted to glucose as a source of energy. Formula: $(C_6H_{10}O_5)_n$ Also called animal starch.

GLYCOLYSIS: production of energy from carbohydrates: the breakdown of a compound such as glycogen or glucose by enzymes, producing pyruvic or lactic acid and releasing energy for use in the body. This metabolic process takes place in nearly all living cells.

GLYCOPROTEIN: protein with carbohydrate component: a complex protein in which the nonprotein part is a carbohydrate.

GM FOODS: genetically modified foods: used to describe any food product that has received artificial genetic modification, resulting in a permanent change in one or more of its characteristics.

GOLGI APPARATUS: structure in cytoplasm: a membranous structure in the cytoplasm of cells consisting of layers of flattened sacs. It functions in the processing and transporting of proteins.

GONORRHEA: genital disease: a sexually transmitted disease that causes inflammation of the genital mucous membrane, burning pain when urinating, and a discharge. It is caused by a gonococcus bacterium.

GRANULOCYTE: type of white blood cell: a white blood cell that contains many granular particles in its cytoplasm.

GROWTH FACTOR: substance promoting growing: a substance produced by cells that stimulates them to multiply. When produced in excessive amounts, a growth factor may be associated with abnormal growth such as that seen in cancer.

GROWTH HORMONE: hormone stimulating growth: a hormone, made and stored in the pituitary gland in the brain, that stimulates protein synthesis and the growth of the long bones of the limbs. Also called somatotrophin.

GUANINE - G: substance that codes genetic information: a component of nucleic acids that pairs with cytosine to carry hereditary information in DNA and RNA in cells. Chemically, it is a purine derivative. Formula: C5H5N5O Symbol G

H

HAPLOID NUMBER: with single set of chromosomes: having a single set of unpaired chromosomes. This reduced number of chromosomes are found in sex cell only.

HEMATOPOIETIC STEM CELL: undifferentiated type of cell: the source of all red blood cells in the body.

HEMICELLULOSE: substance in plants: any of a group of polysaccharides found in plants, especially in the cell wall.

HEMOGLOBIN: oxygen-transporting substance in blood: an iron-containing protein in red blood cells that combines reversibly with oxygen and transports it from the lungs to body tissues.

HEPATITIS B: severe form of hepatitis: a sometimes chronic or fatal form of hepatitis that is caused by a virus and

transmitted through contact with infected blood, blood products, and bodily fluids. Also called serum hepatitis.

HISTAMINE: substance released by the body: an amine compound released by cells of the body's immune system in allergic reactions that causes irritation, contraction of smooth muscle, stimulation of gastric secretions, and dilation of blood vessels. Formula: C5H9N3

HISTONES: protein in cell nuclei: a protein whose molecules organize and pack the DNA in chromosomes into the greatly condensed form (chromatin) it normally adopts. There are five types, together constituting about half the mass of chromosomes.

HORMONE: regulating chemical in body: a chemical substance produced in the body's endocrine glands or certain other cells that exerts a regulatory or stimulatory effect, for example, in metabolism.

HUMAN GENOME: total map of human DNA: the gene map of the entire chromosome set present in each nucleated human cell

HUMAN GENOME PROJECT: research into full genome sequence: an international research program to discover and record the sequence of the roughly 6,000 million bases forming about 60,000 genes that constitute the entire human genetic code.

HUMAN INSULIN: hormone regulating the glucose level in blood: a hormone secreted by the islets of Langerhans in the pancreas that regulates the level of glucose in the blood. Deficiency in production results in diabetes mellitus.

HYDROGEN BOND: chemical bond in hydrogen: an electrostatic interaction between molecules of compounds in which hydrogen atoms are bound to electronegative atoms, for example, oxygen and nitrogen. The attraction between water molecules due to hydrogen bonds accounts for the relatively high boiling point of water.

HYDROLYSIS: reaction with water: a chemical reaction in which a compound reacts with water, causing decomposition and the production of two or more other compounds, for example, the conversion of starch to glucose.

I

IMMUNE SYSTEM: system that recognizes and opposes disease: the interacting combination of all the body's ways of recognizing cells, tissues, objects, and organisms that are not part of itself, and initiating the immune response to fight them.

INERT: nonreactive: not readily changed by chemical or biological reaction.

INORGANIC: without carbon: used to describe chemical compounds that contain no carbon, excluding the oxides of carbon, carbon disulfide, cyanides, and their associated acids and salts.

INTRON: noncoding DNA: a section of DNA in a cell that is not expressed as an amino acid or messenger RNA. See also exon

INTERPHASE: part of a cell's life cycle: the period during which a cell is not actively dividing, when other activities such as DNA synthesis take place.

IRON OXIDE: compound of iron and oxygen: any of the natural or synthetic compounds of iron and oxygen.

K

KREBS CYCLE: metabolic energy cycle: a sequence of biochemical reactions occurring in cell structures (mitochondria) of living organisms whereby energy is obtained from the oxidation of acetic acid and related compounds derived from food. Also called citric acid cycle. Also called tricarboxylic acid cycle

L

LASER: device emitting a focused beam of light: a device that utilizes the ability of certain substances to absorb electromagnetic energy and re-radiate it as a highly focused beam of synchronized single-wavelength radiation.

LEUCOCYTE: white blood cell: a white blood cell.

LEUCOPLAST: small part found in plant cells: a common minute colorless body (plastid) found inside plant cells and used for storing food.

LIPID: constituent of fat: any of a group of organic compounds consisting of fats, oils, and related substances that, along with proteins and carbohydrates, are the structural components of living cells. In addition to fats the group includes waxes, oils, sterols, triglycerides, phosphatides, and phospholipids.

LOCUS (GENE): gene position: the position of a gene in a chromosome.

LYMPHOCYTE: immune system cell: an important cell class in the immune system that produces antibodies to attack infected and cancerous cells, and is responsible for rejecting foreign tissue. It is a kind of white blood cell.

LYSOSOME: cell component that recycles molecules: a membrane-bound cavity in living cells that contains enzymes that are responsible for degrading and recycling molecules. They can deal with material both originating within the cell and entering from outside, and are especially important in the immune cells that ingest and degrade bacteria.

M

MACROMOLECULE: large molecule: a large molecule, for example, that of a protein or polymer, made up of smaller elements connected to one another.

MATRIX: tissue-forming substance: the substance that exists between cells and from which tissue, for example, cartilage and bone, develops.

MEGAKARYOTE: bone-marrow cell: a large cell in bone marrow that fragments to produce blood platelets.

MEIOSIS: process of cell division: in organisms that reproduce sexually, a process of cell division during which the nucleus divides into four nuclei, each of which contains half the usual number of chromosomes. Also called reduction. Also called reduction division. See also mitosis

MESSENGER RNA - mRNA: RNA for protein synthesis: a form of RNA that is transcribed from a strand of DNA and translated into a protein sequence at a cell ribosome.

METABOLIC PATHWAY: a series of linked biochemical reactions: in cellular respiration metabolic pathway is very important in which enzyme-assisted step-by-step controlled reactions occur to produce ATP molecule.

METABOLISM: life-sustaining chemical activity: the ongoing interrelated series of chemical interactions taking place in living organisms that provide the energy and nutrients needed to sustain life.

METAPHASE: stage of cell division: the second stage of cell division, during which chromosomes line up in preparation for separation. See also anaphase. See also prophase. See also telophase.

MICROORGANISM: microscopic organism: a tiny organism such as a virus, protozoan, or bacterium that can only be seen under a microscope.

MICROTUBULE: tubular structure in cell: a hollow tubular structure composed of the protein tubulin that helps to maintain the shape and movement of a living cell and the transport of material within it. See also tubule

MITOCHONDRION (Plr. MITOCHONDRIA): small body in cells: a small round or rod-shaped body that is found in the cytoplasm of most cells and produces enzymes for the metabolic conversion of food to energy.

MITOSIS: cell division: the process by which a cell divides into two daughter cells, each of which has the same number of chromosomes as the original cell. Also called karyokinesis. See also meiosis.

MOLECULE: smallest part of a chemical compound: the smallest physical unit of a substance that can exist independently, consisting of one or more atoms held together by chemical forces.

MONOCYTE: type of white blood cell: a large circulating white blood cell, formed in the bone marrow and in the spleen, that has a single well-defined nucleus and consumes large foreign particles and cell debris.

MORPHINE: pain-relieving drug: an alkaloid drug derived from opium and used in medicine to relieve severe pain. Prolonged non-medical use may lead to addiction.

mRNA: messenger ribonucleic acid. see MESSENGER RNA - mRNA.

MUCUS: slimy secretion: the clear slimy lubricating substance consisting mostly of mucins and water that coats and protects mucous membranes.

MUREIN OR PEPTIDOGLYCAN: molecule in the cell wall of bacteria: a large molecule found in the cell walls of bacteria, giving the walls their strength and the cell its shape. Also called peptidoglycan. Also called mucopeptide.

MUTATION: change in genetic material: a random change in a gene or chromosome resulting in a new trait or characteristic that can be inherited. Mutation can be a source of beneficial genetic variation, or it can be neutral or harmful in effect.

N

NAD: coenzyme nicotinamide adenine dinucleotide: a coenzyme acting as a hydrogen acceptor in many biochemical

reactions, for example, in the electron transport chain, where it is vital in the production of energy. Full form nicotinamide adenine dinucleotide.

NADH: reduced form of NAD: the chemically reduced form of NAD that reverts to NAD in a process that initiates the generation of cellular energy.

NERVE CELL: nerve cell: a cell, typically consisting of a cell body, axon, and dendrites, that transmits nerve impulses and is the basic functional unit of the nervous system. Also called neuron.

NEUTROPHIL: common white blood cell: the most common type of white blood cell in vertebrates, responsible for protecting the body against infection and stainable with neutral dyes.

NICOTINAMIDE ADENINE DINUCLEOTIDE - NAD+: a positive ion of NAD, see NAD.

NITRIC OXIDE: colorless poisonous gas: a colorless poisonous gas that is a stage in the production of nitric acid from ammonia or atmospheric nitrogen. Formula: NO

NITROBACTERIUM: soil-enriching bacterium: a bacterium found in the soil that converts ammonia compounds to nitrites, or nitrites to nitrates, thus making nitrogen available to plants. Also called nitrifying baterium.

NITROGEN FIXATION: natural nitrogen conversion: the conversion of atmospheric nitrogen by certain bacteria found in the nodules of legumes into compounds in the soil that plants and other organisms can use.

NUCLEAR PORES: opening in a nuclear membrane: any of thousands of complex openings in a nuclear membrane.

NUCLEIC ACID: complex acid found in living cells: any of various high-molecular-weight acids, for example, DNA and RNA, consisting of nucleotide chains that convey genetic information and are found in all living cells and viruses.

NUCLEOLUS: small rounded body within the cell nucleus: a small round body inside a cell nucleus, composed of protein and RNA and associated with the formation of ribosomes and ribosomal RNA.

NUCLEOSOMES: component in chromosomes: a minute particle of DNA and protein that forms the basic packing unit of chromatin, the substance of chromosomes.

NUCLEOTIDE: structural unit of nucleic acids: a type of chemical compound occurring most notably in nucleic acids such as RNA and DNA, consisting of a nucleoside linked to a phosphate group.

NUCLEUS: central part of a living cell: the central body, usually spherical, within a eukaryotic cell, which is a membrane-encased mass of protoplasm containing the chromosomes and other genetic information necessary to control cell growth and reproduction.

NUTRIENS: nourishing substance: any substance that provides nourishment, for example, the minerals that a plant takes from the soil or the constituents in food that keep a human body healthy and help it grow.

O

ORGANELLE: cell part: a specialized part of a cell, for example, the nucleus or the mitochondrion, that has its own particular function.

ORGANIC MOLECULE: molecule based on carbon: belonging to a family of compounds characterized by chains or rings of carbon atoms that are linked to atoms of hydrogen and sometimes oxygen, nitrogen, and other elements.

ORGANS: body part: a complete and independent part of a plant or animal that has a specific function.

OSMOTIC PRESSURE: pressure needed to stop osmosis: the pressure that must be applied to a solution to stop the inward diffusion of a solvent by osmosis through a semipermeable membrane.

OVARY: female reproductive organ: either of the two female reproductive organs that produce eggs and, in vertebrates, also produce the sex hormones estrogen and progesterone.

OXIDASE organic catalyst: an enzyme that catalyzes biological oxidation, especially in living organisms.

OXIDATION: addition of oxygen: a chemical reaction in which oxygen is added to an element or compound.

OXIDATIVE PHOSPHORYLATION: organic synthesis of energy: a process that takes place in all living cells in the presence of oxygen, in which they convert food to the energy that is required to maintain life. This process produces ATP, the body's high-energy fuel, through the phosphorylation of ADP driven by the oxidation of NADH and other donors of electrons.

OXYHEMOGLOBIN: complex of hemoglobin and oxygen: the bright red form of hemoglobin when it is combined with oxygen molecules, which it transports from the lungs to the tissues.

P

PARAMECIUM: microscopic aquatic organism: a single-celled microscopic aquatic organism (protozoan) with hairlike appendages (cilia) around its body that it uses to move around and to capture bacteria.

PARASITE: organism living on another: a plant or animal that lives on or in another, usually larger, host organism in a way that harms or is of no advantage to the host.

PARKINSON'S DISEASE: incurable nervous disorder: an incurable nervous disorder marked by the symptoms of trembling hands, lifeless face, monotone voice, and a slow, shuffling walk.
It is generally caused by the degeneration of dopamine-producing brain cells, and is the commonest form of Parkinsonism. Also called paralysis agitans

PECTIN: gelling agent: a soluble chemical substance found mainly in the rinds of citrus fruits that binds cells together and is used to gel foods and various commercial products.

PEPSIN AND TRYPSIN: stomach enzyme that digests protein: an enzyme produced in the stomach that breaks down proteins into simpler compounds. It can be extracted from the stomachs of calves and hogs for use as a digestive aid and in the production of cheese. Enzyme in pancreas is called a

TRYPSIN: an enzyme in pancreatic juice that acts as a catalyst for breaking proteins down into peptides.

PERINUCLEAR SPACE: space between double-layered nuclear envelope of a cell.

PHAGOCYTOSIS: destruction by phagocytes: the engulfing and ingesting of foreign particles or waste matter by phagocytes.

PHENOBARBITAL: crystalline barbiturate: a crystalline barbiturate used as a sedative, hypnotic, and anticonvulsant. Formula: C12H12N2O3.

PHOSPHATE: salt of phosphoric acid: any salt or ester formed by the reaction of a metal, alcohol, or other radical with phosphoric acid. A tribasic acid, phosphoric acid forms three series of phosphates by replacement of one, two, or all three of its hydrogen ions.

PHOSPHOLIPID: phosphorus-containing lipid: a phosphorus-containing lipid that is soluble in organic solvents and is found in the cells of all living tissue, especially in the two-layered cellular membranes. Also called phosphatide.
PHOSPHOLIPID MOLECULE: molecule of phosphorus-containing lipid.

PHOTOAUTOTROPH: organism deriving energy from light: an organism that derives its energy exclusively from light and uses it to synthesize food.

PHOTOSYNTHESIS: carbohydrate production using light and chlorophyll: a process by which green plants and other organisms produce simple carbohydrates from carbon dioxide

and hydrogen, using energy that chlorophyll or other organic cellular pigments absorb from radiant sources. The waste-product of the process is oxygen which is released into the atmosphere.

PIGMENT: natural plant coloring: a natural substance in plant or animal tissue that gives it its color.

PLAGUE: epidemic disease: a disease that spreads very rapidly, infecting very large numbers of people and killing a great many of them, or an outbreak of such a disease.

PLASMA: fluid component of blood: the clear yellowish fluid component of blood, lymph, or milk, excluding the suspended corpuscles and cells. Also called blood plasma.

PLASMA MEMBRANE: membrane around a cell: the membrane that surrounds the cytoplasm, through which substances pass in and out of the cell. Also called plasmalemma. Also called cell membrane.

PLASMID: small independent circle of DNA: a small circle of DNA that replicates itself independently of chromosomal DNA, especially in the cells of bacteria. Plasmids often contain genes for drug resistance and are used in genetic engineering, since they can be transmitted between bacteria of the same and different species.

PLASMODESMA (plr. PLASMODESMATA): fine strand of cytoplasm connecting cells: a very fine thread of cytoplasm that in some plants passes through openings in the walls of adjacent cells and forms a living bridge between them.

PLASTID: specialized plant cell part: a specialized organ or part (organelle) in a photosynthetic plant cell that contains pigment, ribosomes, and DNA, and serves specific physiological purposes such as food synthesis and storage.

PLATELET: blood particle involved in clotting: a tiny colorless disk-shaped particle found in large quantities in the blood that plays an important part in the clotting process. Also called thrombocyte.

PNEUMONIA: inflammation of the lung: an inflammation of one or both lungs, usually caused by infection from a bacterium or virus or, less commonly, by a chemical or physical irritant.

POLAR BODY: cell produced in the development of an ovum: a cell with a nucleus but little cytoplasm that is produced along with an oocyte, and later discarded, in the process of cell division that leads to an ovum.

POLYNUCLEOTIDE CHAIN: chain of nucleotides: a chemical compound made up of many nucleotides linked to one another, forming a chain.

POLYMERASE CHAIN REACTION - PCR: a technique to replicate DNA sequence: a technique used to replicate a fragment of DNA in order to replicate the DNA sequence.

POLYMERIZATION: process of making polymers: the chemical reaction in which a compound is made into a polymer by the addition or condensation of smaller molecules.

POLYMORPHONUCLEAR CELL: white blood cell with segmented nucleus: a white blood cell whose nucleus is

segmented into lobes. Also called polymorphonuclear leukocyte.

POLYPEPTIDE CHAIN: amino-acid chain: a natural or synthetic compound consisting of linked amino acids. Proteins are polypeptides.

POLYSACCHARIDES: complex carbohydrate: a complex carbohydrate, for example, starch or cellulose, made up of sugar molecules linked into a branched or chain structure.

PROGENITOR BLOOD CELL: immature blood cell: when stem cells of bone marrow are stimulated by hormones and growth factors, these progenitor blood cells are produced. From these cells either red blood cells or white blood cells are produced by rapid cell divisions.

PROKARYOTE: simple organism without nucleus: an organism whose DNA is not contained within a nucleus. Bacteria are prokaryotes.

PROKARYOTIC CELL: a cell of a prokaryotic organism: a cell without nucleus found in all prokarytoic organisms.

PROPHASE: phase in cell division: the first phase in cell division, when chromosomes condense and can be seen as two chromatids. See also anaphase. See also metaphase. See also telophase.

PROTEIN: complex natural compound: a complex natural substance that has a high molecular weight and a globular or fibrous structure composed of amino acids linked by peptide bonds. Proteins are essential to the structure and function of all living cells and viruses.

PROTEIN SYNTHESIS: the process of tapping the genetic code to create proteins: protein synthesis has two important steps called transcription and translation. The first step involves getting the genetic information contained within the DNA via a messenger molecule called mRNA. In the second stage the information contained in mRNA is translated for actual synthesis of proteins in the cell organelle called ribosome.

PROTEINASE: enzyme: an enzyme (protease) that catalyzes the hydrolysis of proteins into their component amino acids or simpler peptides.

PROTEOMICS: a new science discipline: it involves intense research to identify and understand the function of all the proteins in the human body.

PROTOPLAST: contents of plant cell: the living substance of a plant or bacterial cell, excluding the cell wall.

PROTOZOA single-celled organism: a single-celled organism such as an amoeba that can move and feeds on organic compounds of nitrogen and carbon.

PYRUVIC ACID: metabolic product: a colorless acid that is formed as an intermediate compound during the metabolism of carbohydrates and proteins. Formula: C3H4O3

R

RADIOACTIVE TRACER: radioactive substance traceable in body: a chemical substance that has a radioactive isotope attached, making it detectable when introduced into the body. Such tracers are used medically to diagnose diseases and biologically to study biochemical processes.

REPLICATION: making of cellular or genetic copy: the production of exact copies of molecules, genetic material, or cells.

REPRODUCTION: production of offspring: the production of young plants and animals of the same kind through a sexual or asexual process.

RIBONUCLEIC ACID - RNA: nucleic acid in all living cells: a nucleic acid that contains the sugar ribose, is found in all living cells, and is essential for the manufacture of proteins according to the instructions carried by genes. RNA also acts instead of DNA as the genetic material in certain viruses.

RIBOSOMAL RNA - RRNA: RNA in ribosomes: an RNA that is a structural and functional component of ribosomes.

RIBOSOMES: cluster of proteins and RNA: a submicroscopic cluster of proteins and RNA, occurring in great numbers in the cytoplasm of living cells, that takes part in the manufacture of proteins. Ribosomes bind to messenger RNA molecules, which carry encoded transcripts of the cell's genes, and direct the assembly of amino acids into proteins according to the code.

RNA: abbreviation of RIBONUCLEIC ACID.
RNA POLIMERASE: enzyme that promotes RNA synthesis: a polymerase, found in living cells, that catalyzes the synthesis of RNA from its constituent nucleotides, using DNA or RNA as a template.

ROBOT: mechanical device programmed to perform tasks: any machine that can be programmed to carry out instructions and perform particular duties, especially one that can take over tasks

normally done by people. These mechanical devices are best suited to sensing, gripping, and moving objects or to performing repetitive tasks such as welding.

ROUGH ENDOPLASMIC RETICULUM - RER: protein-synthesizing cell membranes: endoplasmic reticulum containing ribosomes that give its surface an uneven appearance, involved in the synthesis of proteins in plant and animal cells. See also smooth endoplasmic reticulum.

S

SAP: plant fluid: a watery liquid containing mineral salts, sugars, and other nutrients that circulates through the conducting tissues of a plant.

SEROTONIN: neurotransmitter chemical: a chemical derived from the amino acid tryptophan, and widely distributed in tissues. It acts as a neurotransmitter, constricts blood vessels at injury sites, and may affect emotional states. LSD and certain antidepressants work by interfering with serotonin in the brain. Formula: $C_{10}H_{12}N_2O$

SEX CHROMOSOME: hormone affecting sexual development: a hormone that affects the development of the reproductive organs and sexual characteristics.

SINUSOID: small vessel in organ tissue: a small blood vessel or cavity in the tissue of an organ such as the liver, heart, or pancreas.

SMOOTH ENDOPLASMIC RETICULUM - SER: cell membranes containing enzymes: endoplasmic reticulum that stores key enzymes in plant and animal cells and is involved in various processes including the synthesis of fatty acids and the

detoxification of chemicals such as drugs and alcohol. See also rough endoplasmic reticulum.

SOMATIC CELL: any body cell except germ cells: any cell of the body with the exception of germ cells.

SOMATIC CELL NUCLEAR TRANSFER: a technique of cloning: somatic cell nuclear transfer produces a cloned animal from any cell of an adult donor. This technique was used to produce the world's fist cloned animal Dolly the Sheep.

SPINDLE: spindle-shaped cell structure: a spindle-shaped structure along which chromosomes are distributed and drawn apart during meiosis and mitosis.

SPOROZOAN: parasitic organism: a parasitic single-celled organism (protozoan) that has alternating sexual and asexual generations and reproduces by means of spores. The malaria parasites are sporozoans.

STARCH: carbohydrate substance: a carbohydrate substance manufactured by plants and stored in seeds, tubers, fruits, and stems and forming an important source of energy in the diet of human beings and animals. The two main components of starch are amylose and amylopectin. Formula: $(C6H10O5)n$

STEM CELL: undifferentiated cell: an undifferentiated cell from which specialized cells, for example, blood cells, develop.

STEM CELL LINE: colonies of stem cell: the lines are colonies of stem cells that grow and replicate themselves in culture, that is, in a special nutrient substance in a laboratory dish.

SUBSTRATE: something acted upon in biochemical reaction: a substance that is acted upon, especially by an enzyme, in a biochemical reaction.

SULFUR ARCHAEBACTERIA: sulfur-metabolizing bacterium: a bacterium that is capable of metabolizing sulfur or inorganic sulfur compounds.
SURROGATE: woman (or any female animal) who gives birth for another: a woman who bears a child for a couple, with the intention of handing it over at birth. She is usually either artificially inseminated by the man or implanted with a fertilized egg from the woman.

SYNTHESIZE: produce substance by chemical process: to produce a substance or material by chemical or biological synthesis.

SYPHILIS: sexually transmitted disease: a serious sexually transmitted disease caused by the spirally twisted bacterium Treponema pallidum that affects many body organs and parts, including the genitals, brain, skin, and nervous tissue. Also called lues.

T
T LYMPHOCYTE: lymphocyte from thymus: a type of white blood cell (lymphocyte) that matures in the thymus and is essential for various aspects of immunity, especially in combating virus infections and cancers. Also called T Cell.

TELOPHASE: final stage of cell division: the final stage of cell division, in which daughter cell nuclei form around chromosomes at opposite ends of the dividing mother cell. See also anaphase. See also metaphase. See also prophase.

TESTES (sing. TESTIS): male reproductive gland: either of the paired male reproductive glands, roundish in shape, that produce sperm and male sex hormones, and hang in a small sac (scrotum).

TEST-TUBE: glass tube: a small glass tube-shaped container that is closed and rounded at one end and open at the other, used to mix, heat, and store chemicals in laboratories.

TETANUS: infectious disease: an acute infectious disease, usually contracted through a penetrating wound, that causes severe muscular spasms and contractions, especially around the neck and jaw. The spasms are caused by a toxin released by the bacterium Clostridium tetani. Also called lockjaw.

TETRAD: group of four chromosomes: a group of four chromosomes in a diploid cell that is about to undergo the cell division (meiosis) that produces sex cells. Also, group of four cells: a group of four cells produced by the division (meiosis) of a single parent cell, for example, as it occurs in the formation of pollen and spores.

THROMBOCYTE: another name for platelet, see platelet.

THYMINE - T: DNA component: a component of nucleic acid that pairs with adenine to carry hereditary information in DNA in cells. Chemically, it is a pyrimidine derivative. Formula: C5H6N2O2 Symbol T

TELOMERES: end of chromosome: a region of DNA at the end of a chromosome that protects the start of the genetic coding sequence against shortening during successive replications.

TOTIPOTENT: capable of biological generation: used to describe a cell, for example, a fertilized ovum, that is capable of generating new tissue, organs, or individuals.

TRANSCRIPTION: transfer of genetic code: the first step in carrying out genetic instructions in living cells, in which the genetic code is transferred from DNA to molecules of messenger RNA, which subsequently direct protein manufacture

TRANSDUCTION (GENETIC): transfer of genetic material: the transfer of genetic material from one bacterium to another using a bacteriophage.

TRANSFER RNA - tRNA: RNA attaching amino acids to proteins: a type of RNA that attaches amino acids to a ribosome to allow protein to be produced in living cells. Also called soluble RNA.

TRANSFORMATION (GENETIC): genetic change: a permanent change in the genetic makeup of a cell when it acquires foreign DNA.

TRANSLATION: process determining amino acid sequence: the process by which information in messenger RNA directs the sequence of amino acids assembled by a ribosome during protein synthesis.

TRICARBOXYLIC ACID CYCLE: another name for Krebs cycle, see Krebs cycle.

TRIGLYCERIDE: natural fat in tissue: a chemical compound (ester) formed from a molecule of the alcohol glycerol and three molecules of fatty acids. Triglycerides constitute many of the

fats and oils of animal and vegetable tissues and, like cholesterol, may have an adverse effect on human health in excessive amounts.

tRNA: abbreviation of transfer ribonucleic acid.

TUBERCULOSIS: tubercle-forming disease: an infectious disease that causes small rounded swellings (tubercles) to form on mucous membranes, especially a disease pulmonary tuberculosis that affects the lungs.

TUBULIN: globular cell protein: a globular protein found in cells, the molecules of which assemble into microscopic filamentous tubes (microtubules) that help maintain cell shape and participate in cell movement.

U

UNICELLUAR ORGANISM: single-celled: organisms made with a single cell only.

URACIL (U): RNA component: a component of RNA that carries hereditary information in cells. Chemically, it is a pyrimidine derivative. Symbol U.

UREASE: enzyme: an enzyme occurring in some bacteria and seeds, for example, soybeans, that aids in the breakdown of urea to produce carbon dioxide and ammonia.

V

VACUOLE: compartment in the cytoplasm of cell: a membrane-bound compartment containing fluid that is found in the cytoplasm of a cell.

W

WHITE CORPUSCLE: another name for the white blood cell.

WHOOPING COUGH: infectious coughing disease: an infectious bacterial disease that causes violent coughing spasms followed by sharp, shrill inhalation. It affects children in particular.

WORK: means for energy transfer.

X

X-CHROMOSOME: sex chromosome: a chromosome present in both sexes that plays a role in determining the sex of an individual.
Female mammals carry two X-chromosomes and males carry one.
See also Y-chromosome

Y

Y-CHROMOSOME: male sex chromosome: the sex chromosome that determines the male sex in humans and other mammals. The body cells of males each possess one Y-chromosome paired with one X-chromosome. See also X-chromosome.

Z

ZYGOTE: fertilized ovum: an ovum that has been fertilized by a spermatozoon.

ZYMOGEN: enzyme precursor: the inactive precursor of an enzyme, especially one secreted by living cells and activated by an acid, another enzyme, or other catalytic means. Also called proenzyme.